

DEISE REGINA BAPTISTA MENDONÇA

Efeitos da semente de linho (*Linum usitatissimum*) sobre os parâmetros nutricionais, fisiológicos e bioquímicos em ratos “Wistar”

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lys Mary B. Cândido
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a Mariléia Scaetozini

CURITIBA

2003



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas
<http://www.farmaceuticas.ufpr.br>


PARECER

A Comissão Examinadora indicada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas para julgar e avaliar a dissertação de mestrado **Efeito da semente de linho (*Linum usitatissimum*) sobre parâmetros nutricionais, bioquímicos e fisiológicos em ratos "wistar"** de autoria da pós-graduanda DEISE REGINA BAPTISTA. MENDONÇA, composta pelos Professores: Lys Mary B. Cândido (Orientadora/Presidente), Valdemiro Carlos Sgarbieri (Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP) e Vânia Manfredini Alcântara (Universidade Federal do Paraná - UFPR).

A Comissão Examinadora aprova a dissertação com nota 9,4, conceito A e recomenda sua publicação após as correções sugeridas, que serão conferidas pelo orientador.

Curitiba, 25 de abril de 2003.


Profª Dra Lys Mary B. Cândido


Prof. Tit. Valdemiro Carlos Sgarbieri


Profª Dra Vânia Manfredini Alcântara

**Ao Leonardo, companheiro de todos os momentos e aos
nossos filhos, Rodrigo e Matheus, razão de nossas vidas,**

DEDICO

**Aos meus pais Elydio e Marly, pelo constante apoio e
otimismo,**

MINHA GRATIDÃO E HOMENAGEM

Como retribuir?

AGRADECIMENTOS

À Prof^a. Dr^a. Lys Mary Bileski Cândido pela orientação competente, apoio e amizade constantes;

À Prof^a. Dr^a. Mariléia Scartezini na co-orientação do trabalho e ao Prof. Geraldo Picheth pelas sugestões e amizade;

Às Bolsistas de Iniciação Científica, Ângela Negrão Torres e Tarsila Bandeira Bisinella pelo trabalho incansável realizado na execução dos ensaios biológicos;

À Prof^a. e amiga, Maria Eliana Madalozzo Schieferdecker pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis e Cláudia Seely Rocco pelas sugestões e aperfeiçoamento deste trabalho;

À Louise Cristine Cândido pelo auxílio na digitação e pela descoberta de uma nova amizade no decorrer deste trabalho;

Aos técnicos de Laboratório Jair José de Lima e Lindamir Tomczak Túllio pelo auxílio nas análises físico-químicas das dietas e ajuda durante os cuidados com os animais no Biotério;

Aos Professores do Departamento de Nutrição, Prof^a. Regina Lang, Prof^a Suely Amorim, Prof^a Dr^a. Maria Emília von der Heyde e Prof. Dr. Raul von der Heyde, pela convivência diária e enriquecedora relação profissional;

À secretária da Coordenação do Curso de Nutrição, Salete Basso e ao amigo Diomar Quadros pela colaboração calorosa quando necessário;

Ao Prof^o. Dr. Aguinaldo Nascimento pela realização das análises estatísticas deste trabalho;

À Richard Leonard's pela doação das sementes de linho;

Ao Biotério do Setor de Ciências Biológicas - UFPR, em especial ao técnico Cândido José Tomaz Pereira, pela orientação técnica e doação dos ratos utilizados nos ensaios biológicos;

Ao Curso de Especialização em Nutrição Clínica e Especialização em Terapia Nutricional com Treinamento em Serviço pelo apoio financeiro dado a este trabalho;

Ao Laboratório Champagnat, em especial aos Dr. Arnaldo Akira Yokoo e Dr. Yoshio Hashimoto pela doação dos kits laboratoriais e aos bioquímicos Michel Batista, Simone Toshie Kobe, Fábio Beltramini e Amanda Lis Zampieri pela realização das análises bioquímicas;

Ao Laboratório Roche pela doação das vitaminas utilizadas nas dietas dos ratos;

À Corn Products pela doação de dextrino-maltose;

Ao Curso de Farmácia da UFPR pela doação de reagentes necessários na elaboração das dietas;

A todas as pessoas que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho, mas que involuntariamente omiti seus nomes.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 ASPECTOS GERAIS DAS FIBRAS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO.....	4
2.2 EFEITOS FISIOLÓGICOS GERAIS DAS FIBRAS.....	5
2.3 AÇÃO DAS FIBRAS SOLÚVEIS SOBRE O METABOLISMO DOS LIPÍDEOS.....	7
2.4 AÇÕES DA FIBRA SOLÚVEL SOBRE O METABOLISMO DOS CARBOIDRATOS – EFEITO HIPOGLICÊMICO	10
2.5 A SEMENTE DE LINHO (LINHAÇA).....	11
2.5.1 O Que é Linho	11
2.5.2 Um Pouco da História do Linho	12
2.5.3 Composição da Linhaça	13
2.5.4 Ações da Semente de Linho na Saúde	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL PARA OS TESTES BIOLÓGICOS.....	23
3.2 PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO	23
3.2.1 Preparo das Dietas	23
3.2.2 Granulometria.....	25
3.2.3 Análise Química e Física das Dietas	25
3.2.4 Animais Utilizados	26
3.2.5 Coleta de Sangue e Análises Bioquímicas	26
3.2.6 Tempo de Trânsito Intestinal	27
3.2.7 Parâmetros Nutricionais	27
3.3 SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO.....	29
3.3.1 Preparo das Dietas	30
3.3.2 Granulometria.....	31

3.3.3	Análise Química e Física das Dietas	31
3.3.4	Animais utilizados	31
3.3.5	Coleta de Sangue	31
3.3.6	Tempo de Trânsito Intestinal	32
3.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1	PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO	33
4.1.1	Caracterização das Dietas	33
4.1.2	Análises Bioquímicas	34
4.1.3	Tempo de Trânsito Intestinal (TTI)	41
4.1.4	Parâmetros Nutricionais	43
4.2	SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO	49
4.2.1	Caracterização das Dietas	49
4.2.2	Tempo de Trânsito Intestinal	57
4.2.3	Parâmetros Nutricionais	57
5	CONCLUSÕES	66
6	REFERÊNCIAS	68

RESUMO

Com a crescente industrialização mundial as fibras alimentares foram sendo excluídas da dieta das populações. Tal hábito alimentar contribuiu para o aumento da incidência de doenças crônicas relacionadas ao estilo de vida. Baseado nestas diretrizes, a semente de linho (*Linum usitatissimum*) está sendo considerada um alimento funcional de grande importância. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito desta semente sobre os parâmetros nutricionais, fisiológicos e bioquímicos em ratos "wistar". Foram realizados dois ensaios biológicos sendo que o primeiro foi realizado com o objetivo de se testar várias concentrações da semente a fim de se estabelecer uma quantidade ideal a ser empregada no segundo ensaio. No primeiro ensaio, foram preparadas 4 dietas experimentais com concentrações crescentes de semente de linho (0,8%, 1,6%, 2,3% e 3,1% de fibra proveniente da semente) e uma dieta controle (isenta de semente de linho). Foram utilizados 85 animais, livres de patógenos, que foram mantidos em gaiolas metabólicas durante 28 dias, com temperatura e iluminação controladas. Os animais receberam água e alimento "ad libitum" e o peso e o consumo da dieta foram registrados semanalmente. No decorrer do estudo foram dosados colesterol total (CT), triacilgliceróis (TAG), HDL-Colesterol (HDL-C) e glicose. O LDL-Colesterol (LDL-C) foi estimado pela fórmula de Friedewald. Os ratos que permaneceram até o final do experimento foram utilizados para cálculo do quociente de eficiência protéica operacional, quociente de eficiência alimentar e curva de crescimento. No segundo ensaio, que teve duração de 60 dias, utilizou-se 2 dietas experimentais (com 2,5 e 5% de fibras provenientes da semente de linho). Optou-se pela utilização destas quantidades de fibras para não haver comprometimento na qualidade nutricional das dietas estudadas. Além das análises bioquímicas realizadas no primeiro ensaio biológico, analisou-se também albumina, uréia, creatinina, proteínas totais e as atividades de aspartato e alanina aminotransferase. As condições ambientais e de controle foram as mesmas do primeiro ensaio. Ao final dos ensaios biológicos avaliou-se o tempo de trânsito intestinal (TTI) promovido pelas dietas. Os dados experimentais de cada ensaio foram analisados empregando-se o Software STATISTICA 5.0. A significância dos dados foi avaliada através da análise de variância e para comparação das médias dos resultados obtidos utilizou-se o teste de Tukey e estabeleceu-se $p < 0,05$ como nível de significância. Ao final do primeiro ensaio biológico, observou-se elevação nos níveis de glicemia dos ratos estudados, com diferença estatística ($p < 0,05$) e manutenção desses níveis no segundo ensaio biológico. Os níveis de CT não se alteraram no decorrer do tempo no primeiro ensaio e se elevaram no decorrer do segundo ensaio. O HDL-C mostrou-se mais elevado nos ratos que consumiram as dietas com a semente de linho, nos dois ensaios biológicos. Observou-se tendência à queda nos níveis de LDL-C ao final do primeiro ensaio e elevação no decorrer do tempo no segundo ensaio biológico. Os níveis de TAG apresentaram grande variabilidade no primeiro ensaio e mantiveram-se inalterados no segundo ensaio biológico. Observou-se tendência na redução do TTI e aumento no comprimento total do intestino nos animais do primeiro ensaio. Nos dois ensaios biológicos os ratos apresentaram similar ingestão das dietas. Constatou-se ao final do primeiro ensaio significativa diminuição ($p < 0,05$) no consumo médio das dietas com semente de linho causada pela saciedade da fibra, quando constituída com 2,3% de fibra. Obteve-se adequada utilização protéica e eficiência alimentar nos animais estudados, bem como, adequado balanço de nitrogênio. Houve significativa interferência ($p < 0,05$) na retenção de nitrogênio pelo organismo dos animais do primeiro ensaio, demonstrado pela menor digestibilidade aparente e menor quociente de utilização líquida da proteína operacional sem afetar o valor biológico operacional. No segundo ensaio, os níveis sanguíneos de uréia, creatinina, proteínas totais e albumina, assim como de aspartato e alanina aminotransferases permaneceram adequados para as diferentes dietas estudadas. Conclui-se que a semente de linho pode ser indicada à alimentação nas quantidades aqui estudadas, podendo ser um adjunto terapêutico no controle de doenças crônico-degenerativas.

ABSTRACT

The increasing worldwide industrialization, observed mainly in the developed countries, has induced alimentary fibres to be excluded from the diet of several populations. Such alimentary habit has contributed for an increase in the incidence of chronic diseases related to life style, such as diabetes and cardiovascular, neoplastic and gastrointestinal disorders. Based on these facts, the study of flaxseed (*Linum usitatissimum*), which is being regarded as a functional food, has been gaining great importance. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of flaxseed on nutritional, physiological and biochemical parameters of Wistar rats. Two biological assays were conducted, the first one with the objective of testing several concentrations of the flaxseed in order to establish ideal amounts of seed to be used in the second trial. Four experimental diets with increasing concentrations of flaxseed (0.8%, 1.6%, 2.3% and 3.1% of flaxseed fiber) and a control diet (0% flaxseed fiber) were prepared. Eighty-five pathogen-free animals were kept in metabolic cages during 28 days, under controlled temperature and lighting. The animals received water and food *ad libitum* and body weight and food consumption were registered weekly. Along the study, blood was collected and total cholesterol, triglycerides, HDL-cholesterol and glucose were assayed. The LDL-cholesterol was estimated by using Friedewald's formula. The rats that remained until the end of the experiment were used to calculate the quotient of operational protein efficiency, quotient of alimentary efficiency and growth curves. On the second assay, which lasted 60 days, two experimental diets were tested (2.5 and 5% flaxseed fiber). Besides the biochemical analyses performed in the first biological assay, total albumin, urea, creatinine, proteins and the enzymatic activity of aspartate and alanine aminotransferase were also analyzed. The environmental and control conditions were the same as in the first experiment. At the end of the biological assays the time of intestinal transit of the diets was measured. The experimental data were analyzed using the Software STATISTICA 5.0. The significance of the data was evaluated through variance analysis. For the comparison of the mean values, results obtained were submitted to the Tukey test ($p < 0,05$). On the second biological assay, a previous analysis of the data with the use of quality control statistics was applied in order to eliminate the extreme values. The results show that the diets of the first assay contained an average of 2.61% ashes, 8.95% humidity, 17% lipids, 17% proteins and 53% carbohydrates (by difference). The experimental and control diets of the second assay had averages of 2.08% ashes, 6.99% humidity, 12.09% proteins, 26.63% lipids, 51.9% carbohydrates (by difference). The presence of flaxseed in the diets of the male Wistar rats promoted increase of seric glucose levels with statistical difference ($p < 0,05$) at the end of the first assay and their maintenance along the second biological assay. It also promoted the maintenance of the levels of total cholesterol during the first assay and an increase along the second assay, as well as increase of the HDL-cholesterol levels in both biological assays. The LDL-cholesterol levels showed a tendency to decrease at the end of the experiment and to increase along the second biological assay. There was great variability in the levels of triglycerides in the first assay and maintenance on the second biological assay. There was a slight decrease in the transit time and an increase in the total length of the intestine of the animals of the first biological assay. The weight gain was similar for animals studied under all diets. The diets proved to be palatable, verified by adequate ingestion. Significant reduction ($p < 0,05$) in the average consumption of the diet was observed due to the satiety promoted by the fiber content. This was noticed for the rats of the first assay, when 9% of flaxseed (2.3% of fiber) was used. The studied animals showed adequate protein utilization (PER) and alimentary efficiency (QEA), as well as adequate nitrogen balance. There was significant interference ($p < 0,05$) in nitrogen retention by the organism of the animals in the first assay, demonstrated by the lower apparent digestibility (Da) and quotient of liquid operational protein utilisation (NPUop.), however without affecting the operational biological value (Vbop). Blood urea levels, total creatinine, protein, albumin, aspartate and alanine aminotransferase remained adequate for the different diets studied on the second biological assay. It is concluded that flaxseed can be indicated in the amounts here studied, being useful as a therapeutical aid in the control of diseases like diabetes, hipercholesterolemia and obesity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 – NÍVEIS SÉRICOS DE GLICOSE (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	35
GRÁFICO 2 – NÍVEIS SÉRICOS DE COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	36
GRÁFICO 3 – NÍVEIS SÉRICOS DE HDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	37
GRÁFICO 4 – NÍVEIS SÉRICOS DE LDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	39
GRÁFICO 5 – NÍVEIS SÉRICOS DE TRIACILGLICERÓIS (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	40
GRÁFICO 6 – COMPRIMENTO TOTAL DO INTESTINO DELGADO DE RATOS MACHOS "WISTAR" ALIMENTADOS COM DIETAS MARCADAS COM CARVÃO VEGETAL, DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO.....	41
GRÁFICO 7 – PORCENTAGEM DE TRÂNSITO INTESTINAL DE RATOS MACHOS "WISTAR" ALIMENTADOS COM DIETAS MARCADAS COM CARVÃO VEGETAL, DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO.....	43
GRÁFICO 8 – CONSUMO MÉDIO (g) POR DIETA DURANTE OS 28 DIAS DO EXPERIMENTO.....	43
GRÁFICO 9 – GANHO DE PESO (g) POR DIETA DE RATOS MACHOS "WISTAR" DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO.....	45
FIGURA 1 – EXEMPLO DE GRÁFICO DE SHEWHART CONTROL CHART REFERENTE AO PARÂMETRO HDL-COLESTEROL.....	51
GRÁFICO 10 – NÍVEIS SÉRICOS DE GLICOSE (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	52
GRÁFICO 11 – NÍVEIS SÉRICOS DE COLESTEROL TOTAL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	53
GRÁFICO 12 – NÍVEIS SÉRICOS DE HDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	54
GRÁFICO 13 – NÍVEIS SÉRICOS DE LDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	55
GRÁFICO 14 – NÍVEIS SÉRICOS DE TRIACILGLICERÓIS (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS.....	56
GRÁFICO 15 – PORCENTAGEM DE TRÂNSITO INTESTINAL DE RATOS MACHOS "WISTAR" ALIMENTADOS COM DIETAS MARCADAS COM CARVÃO VEGETAL, DURANTE O SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO.....	57
GRÁFICO 16 – COMPARAÇÃO ENTRE O GANHO DE PESO CORPORAL DIÁRIO (g) PARA CADA AS DIETAS EXPERIMENTAIS.....	58
GRÁFICO 17 – CONSUMO DIÁRIO DE RAÇÃO (g) PARA AS DIFERENTES DIETAS.....	59

GRÁFICO 18 – CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA (ml) PARA AS DIFERENTES DIETAS.....	60
GRÁFICO 19 – NÍVEIS DE URÉIA E CREATININA PARA AS DIFERENTES DIETAS.....	61
GRÁFICO 20 – NÍVEIS DE PROTEÍNAS TOTAIS E ALBUMINA PARA AS DIFERENTES DIETAS.....	63
GRÁFICO 21 – NÍVEIS DE AST E ALT PARA AS DIFERENTES DIETAS.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SEMENTE DE LINHO.....	14
TABELA 2 –	TEOR DE FIBRAS EM ALGUNS ALIMENTOS.....	20
TABELA 3 –	COMPOSIÇÃO DAS DIETAS CONTROLE E SUPLEMENTADAS COM SEMENTE DE LINHO UTILIZADA NO PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO (g/100 g DE DIETA).....	24
TABELA 4 –	COMPOSIÇÃO DA MISTURA MINERAL (g/Kg DE MISTURA).....	24
TABELA 5 –	COMPOSIÇÃO DA MISTURA VITAMÍNICA (g/Kg DE MISTURA)..	25
TABELA 6 –	COMPOSIÇÃO DAS DIETAS CONTROLE E SUPLEMENTADAS COM SEMENTE DE LINHO UTILIZADA NO SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO (g/100 g DE DIETA).....	30
TABELA 7 –	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL MÉDIA DAS DIETAS.....	33
TABELA 8 –	GRANULOMETRIA DAS DIETAS ESTUDADAS.....	33
TABELA 9 –	COMPONENTES BIOQUÍMICOS ANIMAIS DE LABORATÓRIO....	34
TABELA 10 –	QUOCIENTE DE EFICIÊNCIA PROTÉICA OPERACIONAL (PER) E QUOCIENTE DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR (QEA) DE RATOS MACHOS “WISTAR” DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO.....	46
TABELA 11 –	INGESTÃO DE DIETA E QUANTIDADE DE NITROGÊNIO INGERIDO E EXCRETADO ATRAVÉS DA URINA E FEZES DE RATOS MACHOS “WISTAR”, DURANTE BALANÇO METABÓLICO REALIZADO POR UM PERÍODO DE SETE DIAS, DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO.....	47
TABELA 12 –	DIGESTIBILIDADE APARENTE (Da), VALOR BIOLÓGICO APARENTE OPERACIONAL (Vba.op), QUOCIENTE DE UTILIZAÇÃO LÍQUIDA DA PROTEÍNA OPERACIONAL (NPU.op) DE RATOS MACHOS “WISTAR” AO FINAL DO ENSAIO METABÓLICO, REALIZADO DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO.....	48
TABELA 13 –	COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS DIETAS.....	49
TABELA 14 –	GRANULOMETRIA DAS DIETAS ESTUDADAS.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS

AOAC – Association of Official Analytical Chemists

C – colesterol

CT – colesterol total

CVb% – coeficiente de variabilidade biológica em %

D6D – delta-6-desaturase

Da – digestibilidade aparente

DC – dieta controle

DE-1 – dieta experimental 1

DE-2 – dieta experimental 2

DE-3 – dieta experimental 3

DE-4 – dieta experimental 4

HDL – high density lipoprotein

LDL – low density lipoprotein

NPU – net protein utilization

PER op. – protein efficiency ratio

QEA – coeficiente de eficiência alimentar

TAG – triacilgliceróis

TTI – tempo de trânsito intestinal

U/l – unidades por litro

Vba op. – valor biológico aparente

VLDL – very low density lipoprotein

w-3 – ômega 3

w-6 – ômega 6

1 INTRODUÇÃO

Durante muitos anos, a comunidade científica, acostumada a pensar em termos de digestão, absorção e metabolismo de nutrientes, ignorou a possibilidade do uso das fibras alimentares na nutrição humana. Com a crescente industrialização mundial, observada principalmente nos países desenvolvidos, as fibras alimentares foram sendo excluídas da dieta destas populações. Tal hábito alimentar contribuiu para o aumento da incidência de doenças crônicas relacionadas ao estilo de vida tais como diabetes, doenças cardiovasculares, neoplasias e distúrbios gastrointestinais (LAJOLO et al., 2001).

A fração fibra dos alimentos que antigamente era praticamente ignorada, por ser indigerível e de valor nutricional desconhecido, ganhou nos últimos anos importância especial através de observações clínicas que ligaram a ocorrência de certas moléstias, denominadas “doenças da civilização” (doença cardiovascular, diabetes, câncer de cólon, etc), à dietas pobres em fibras (FRIAS, 1996).

Desde a década de 70, as fibras alimentares vêm adquirindo importância, quando BURKITT (1973) e TROWELL (1973) propuseram a hipótese da estreita relação entre a carência de fibra nas dietas alimentares com o desenvolvimento de enfermidades crônicas e transtornos fisiológicos, sendo estes mais frequentes em países industrializados.

Nos últimos anos, observou-se a ocorrência em muitos países, inclusive no Brasil, de um processo denominado de transição epidemiológica, ou seja, houve uma significativa redução nas doenças infecciosas e um grande aumento nas chamadas enfermidades crônico-degenerativas não transmissíveis. Atualmente, nestes países, as doenças cardiovasculares ocupam o primeiro lugar como “causa mortis”. Outras enfermidades como câncer e diabetes, encontram-se entre as dez primeiras causas de mortalidade (FRIAS, 1996).

Toda essa mudança foi atribuída, principalmente, à modificação no padrão alimentar e no estilo de vida, associados a uma maior longevidade. Na maioria dos países, onde anos atrás se verificava o consumo de dietas ricas em cereais, leguminosas, frutas e verduras (ricas em fibras), com a modernização e o alto grau de urbanização, a população passou a consumir dietas ricas em alimentos de origem animal e alimentos processados (ricos em gorduras e pobres em fibras).

Vários trabalhos multidisciplinares, epidemiológicos, experimentais, clínicos e metabólicos recentes, evidenciam que as fibras da dieta desempenham relevantes papéis quer no processo de nutrição, quer no sentido de preservar, manter e recuperar a saúde humana (DANDONI, 1996; LAJOLO et al., 2001).

Nos últimos anos as fibras alimentares vêm sendo objetivo de renovado interesse tanto por parte da comunidade científica quanto do público em geral. Esta renovação de interesse no que concerne às fibras decorre de sua relação com a saúde.

Diante de tais considerações, pode-se dizer que as informações existentes indicam a fundamental importância da fibra na alimentação e manutenção da saúde. Entretanto, há ainda a necessidade de pesquisas e avaliações mais profundas, principalmente no que tange à interação da fibra com os nutrientes da dieta focando a sua importância na redução da glicose sanguínea pós-prandial, diminuição da velocidade de absorção de nutrientes, no aumento da sensibilidade periférica dos tecidos à insulina, diminuição dos níveis séricos de lipídeos e promoção da saciedade, auxiliando na busca do peso ideal (FRIAS, 1996; LAJOLO et al., 2001).

Baseado nessas diretrizes, BENNETT (1998) começou a estudar a planta *Linum usitatissimum*, que em latim significa “muito útil” e a partir de seus estudos e publicações, esta planta, mais conhecida como “linhaça”, está sendo considerada como o alimento funcional de grande importância no tratamento do diabético (SIMPÓSIO..., 1999).

Embora acredite-se que a semente de linho possa ter indicações terapêuticas, há a necessidade de mais investigação do seu uso no tratamento e/ou prevenção da obesidade, como coadjuvante no tratamento do diabetes mellitus e de pacientes com hipercolesterolemia, já que consumidas diariamente, poderiam trazer benefícios aos portadores destas patologias.

Mais informações também são necessárias a respeito de estudos a longo prazo com a semente de linho para confirmar se seus efeitos não desaparecem com o passar do tempo. Também não foram encontradas informações no sentido de se verificar se a semente de linho interfere no aproveitamento da proteína alimentar. Dados bibliográficos mostrando a influência da semente de linho sobre a digestibilidade, valor biológico, utilização líquida da proteína (NPU) e quociente de eficiência protéica (PER), são escassos.

Este trabalho destina-se a fornecer subsídios sobre o uso da semente de linho como uma nova alternativa na prevenção e/ou redução de risco de moléstias, que são comuns, não apenas na população brasileira, assim como na maioria dos países industrializados.

OBJETIVOS

Geral

- Avaliar o efeito das sementes de linho sobre os parâmetros nutricionais, fisiológicos e bioquímicos em ratos “wistar”.

Específicos

- Verificar os efeitos da administração de diferentes concentrações de semente de linho sobre os parâmetros nutricionais, como ingestão de dieta, ganho de peso corporal, balanço de nitrogênio, quociente de eficiência alimentar (QEA), quociente de eficiência protéica operacional (PER.op), digestibilidade, valor biológico e utilização líquida da proteína (NPU) nos ratos submetidos às diferentes dietas;
- Avaliar o impacto do uso da semente de linho nos níveis séricos de colesterol total (CT), HDL-Colesterol (HDL-C), LDL-Colesterol (LDL-C), triacilgliceróis (TAG), glicemia de jejum, albumina, proteínas totais, uréia, creatinina, aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase em ratos “wistar”;
- Verificar os efeitos da administração de diferentes concentrações de semente de linho sobre o tempo de trânsito intestinal;
- Verificar o efeito do tempo de administração da semente de linho sobre os parâmetros estudados.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DAS FIBRAS: DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

A década de 70 foi intensamente marcada por investigações ligadas à fração dos vegetais, quer do ponto de vista de sua composição química, quer do ponto de vista de sua ação protetora a certas moléstias.

Essas investigações foram incentivadas a partir do momento em que, devido aos avanços tecnológicos, o homem passou a consumir maiores quantidades de alimentos de origem animal, refinados e pobres em fibras (BIJLANI, 1985; LAJOLO et al. 2001).

Este declínio no consumo de fibras fez com que houvesse um aumento de moléstias entre as quais se destacam como típicas de sociedade desenvolvidas: obesidade, constipação, hemorróidas, diverticulites, câncer de cólon, síndromes isquêmicas miocárdicas, colesterolemia e diabetes, entre outras.

A estreita relação estabelecida entre o baixo consumo de fibras e o aparecimento destas doenças, fez com que, após mais de duas décadas de investigações, admita-se que a fração fibra dos alimentos desempenha papel significativo na nutrição, dependendo, entretanto, do tipo e da quantidade incluída na alimentação.

A definição mais aceita de fibra é aquela de TROWELL et al. (1976) que a definiram como “o resíduo das paredes das células vegetais, resistente à hidrólise pelas enzimas digestivas do homem. Ela é composta de celulose, hemicelulose, oligossacarídeos, pectinas, ceras e lignina”.

Para ROBERFROID (1993), fibra é um termo genérico que abrange uma grande variedade de substâncias com diferentes propriedades físicas e vários efeitos fisiológicos.

Quimicamente falando, estas substâncias pertencem à família dos carboidratos. Do ponto de vista digestivo, todas elas resistem à hidrólise pelas enzimas digestivas, mas podem ser hidrolisadas e fermentadas pela microflora gastrointestinal.

As fibras podem ser classificadas segundo sua relação com a estrutura das paredes celulares; segundo sua natureza química e segundo sua solubilidade em

água, sendo esta última mais importante do ponto de vista da nutrição humana (SLAVIN, 1987). Com relação à solubilidade, as fibras podem ser solúveis e insolúveis em água e ambas frações caracterizam-se por apresentarem efeitos fisiológicos totalmente distintos que serão descritos posteriormente (MONTE, 1998; NESTLÉ, 2000; MAHAN, 2000; BRASIL, 2000).

As fibras solúveis incluem pectinas, gomas, mucilagens, certos tipos de hemiceluloses solúveis e polissacarídeos de reserva da planta. A fração solúvel é variável, ocorrendo em grandes quantidades nas frutas, hortaliças e leguminosas (SHINNICK, MATHEWS e INK, 1991). Já a fibra insolúvel inclui a celulose, lignina e algumas frações de hemicelulose e predomina nas hortaliças, leguminosas e cereais.

2.2 EFEITOS FISIOLÓGICOS GERAIS DAS FIBRAS

As ações das fibras no sistema gastrointestinal podem ser físicas e/ou fisiológicas, e as frações solúvel e insolúvel parecem afetar diretamente esse sistema. As fibras solúveis produzem efeitos mais pronunciados na parte superior do sistema digestório atrasando o esvaziamento gástrico e a assimilação de nutrientes e, aumentando o tempo de trânsito intestinal. As fibras insolúveis agem principalmente, no intestino grosso, aumentando o volume fecal, produzindo fezes mais macias e acelerando a taxa de trânsito colônico (HABER et al., 1977; WALKER et al., 1995).

A celulose e as hemiceluloses encontradas nos grãos contribuem de forma especial para as características das fibras insolúveis citadas anteriormente. O tamanho da partícula de fibra insolúvel também afeta o volume das fezes. As fibras grosseiramente moídas são menos eficazes para estimular a defecação do que as finamente moídas, além do que, segundo ASP, BJORCK e NYMAN (1983) a capacidade de aumentar o volume fecal dessas fibras, é inversamente proporcional à sua fermentação no intestino, e, pelo fato de acelerarem o trânsito intestinal, evitam a ocorrência de prisão de ventre (HELLER, HACKLER e RIVERS, 1980) e, possivelmente, reduzem a incidência de diverticulose e câncer de cólon (NATIONAL..., 1975; BRODRIBB, 1980).

As fibras afetam o processo de digestão desde a boca. Alimentos ricos em fibras requerem mastigação mais prolongada, o que estimula o fluxo de saliva e diminui a velocidade de ingestão dos alimentos. Essa menor taxa proporciona uma densidade calórica menor, levando a uma redução adicional no consumo calórico. Já a mastigação exerce, também um efeito sobre o hipotálamo, produzindo uma sensação de saciedade (HEATON, 1973). Entretanto, os mecanismos exatos pelos quais as fibras podem afetar a saciedade são incertos. A distensão gástrica seria, possivelmente, um fator importante e alguns estudos mostram que a ação de polissacarídeos viscosos ao retardar o esvaziamento dos conteúdos do estômago aumentaria ou prolongaria a sensação de saciedade (HOLT, HEADING e CARTER, 1979). Por todos esses aspectos, alguns estudos mostram que dietas ricas em fibras podem prevenir ou auxiliar no tratamento da obesidade (KROTKIEWSKI, 1984).

Além de interferirem com o processo de digestão dos alimentos, estudos sugerem que as fibras podem também alterar o processo de absorção dos nutrientes. Provavelmente, as propriedades físicas das fibras, tais como, tamanho da partícula, viscosidade, capacidade de reter água e formar géis e capacidade de ligar ácidos biliares são importantes em determinar o efeito destas sobre a absorção dos nutrientes (SCHNEEMAN e GALLAHER, 1986; FRIAS, 1996; MAHAN, 2000).

Existem vários mecanismos pelos quais as fibras afetam a absorção dos nutrientes. Sugere-se que a fibra, principalmente a fração solúvel, se envolva com os líquidos presentes ao longo da superfície luminal das células da mucosa intestinal, aumentando a espessura desta camada, formando uma barreira física para a absorção intestinal de nutrientes (CASPARY et al., 1980; JENKINS e WOLEVER, 1981). Segundo JOHNSON e GEE (1981), a presença de polissacarídeos viscosos aumenta também a viscosidade dos conteúdos e em particular, da fase aquosa dos conteúdos intestinais, nos quais os nutrientes estão presentes, provavelmente, reduzindo a difusão de enzimas, substratos e nutrientes através da superfície absorptiva, o que leva, conseqüentemente, a uma quantidade menor de nutrientes no plasma.

Uma outra teoria é aquela que mostra que as fibras podem ligar ou sequestrar ácidos biliares no intestino delgado. Tal ligação faria com que as moléculas de ácido biliar ficassem indisponíveis para a formação de micelas necessárias para a

absorção de gordura e colesterol, levando, assim, a uma redução desses nutrientes no plasma (KRITCHEVSKY et al., 1988).

Segundo ROBERFROID (1993), existe também a hipótese de que os principais efeitos fisiológicos da fibra solúvel seriam mediados pelos ácidos graxos de cadeia curta produzidos quando da fermentação destas fibras no intestino grosso. Esses ácidos (acético, propiônico e butírico) que chegam à circulação via veia porta, poderiam influenciar o metabolismo da glicose e gordura, causando uma diminuição na glicemia pós-prandial, reduzindo a concentração de ácidos graxos livres e podendo influenciar até mesmo na homeostase hormonal.

Do ponto de vista digestivo, todas as fibras resistem à hidrólise pelas enzimas, mas elas podem ser hidrolisadas e fermentadas pela microflora intestinal. Tal processo depende da natureza química e física da fibra. As fibras insolúveis não são fermentadas e exercem exclusivamente, o efeito de encurtar o tempo de trânsito colônico e aumentar a massa fecal. As fibras solúveis são fermentadas extensivamente, e os produtos resultantes da tal fermentação, incluem, hidrogênio, dióxido de carbono, metano, água e ácidos graxos de cadeia curta tais como acetato, propionato e butirato (CHEN, ANDERSON e JENNINGS, 1984). A fermentação leva a dois efeitos diretos: uma diminuição do pH intraluminal e a proliferação de células epiteliais ceco-colônicas.

2.3 AÇÃO DAS FIBRAS SOLÚVEIS SOBRE O METABOLISMO DOS LIPÍDEOS

O aumento do consumo de fibras alimentares, especialmente as solúveis, pode melhorar o controle glicêmico, diminuir o CT, o LDL-C e promover a saciedade (MANDEL, 1994; AREAS, 1994; FRIAS e SGARBIERI, 1998; AMERICAN..., 1998).

A recomendação para ingestão de fibras para pessoas é em torno de 20 a 35 g/dia de fibra alimentar. A inclusão de um cereal que contenha fibra, produtos de grãos integrais, frutas e leguminosas podem ser úteis (MAHAN, 2000; NESTLÉ, 2000).

Suplementos de fibra podem ser adicionados às dietas com resultados positivos. A recomendação é baseada na premissa de que é difícil consumir a quantidade de fibras alimentares necessárias ao abrandamento da resposta glicêmica ou lipêmica, a menos que suplementos sejam usados (NUTHALL, 1995).

Desde que os fatores de risco para doenças cardiovasculares foram associados aos valores lipídicos no sangue, os exames de rotina tornaram-se essenciais para a saúde. Muitos estudos sugerem que as fibras diminuem o colesterol LDL, responsável por doenças do coração. A celulose (polissacarídeo não digerível) aparentemente parece não ter efeito nos níveis de CT. Estudos em animais mostram redução significativa de CT e TAG quando alimentados com goma guar (ROBERFROID, 1993; STARK e MADAR, 1994; AMERICAN..., 1997; WÜRSCH e PI-SUNYER, 1997).

Tem sido demonstrado que vários tipos de fibras solúveis em água exercem potente efeito de redução nos níveis lipídicos séricos em animais experimentais e em humanos. Também existe um consenso de que a estrutura polimérica é um pré-requisito para estes carboidratos não absorvíveis exercerem tais efeitos, assim como a alta viscosidade (MADAR e THORNE, 1987).

Muitos mecanismos de ação têm sido propostos para explicar o efeito de redução dos lipídeos pelas fibras. Entre estes, a fibra poderia alterar a absorção e metabolismo dos ácidos biliares; poderia modificar a absorção e metabolismo dos lipídeos; os ácidos graxos de cadeia curta, resultantes da fermentação da fibra poderiam afetar o metabolismo do colesterol ou de lipoproteínas e a fibra poderia alterar as concentrações de insulina e outros hormônios (FRIAS, 1996). Estes mecanismos serão descritos a seguir.

a) Efeito da viscosidade e aumento da excreção biliar

Alguns estudos sugerem que a fibra solúvel diminui a absorção de ácidos graxos e colesterol no intestino devido a formação de um gel no lúmen intestinal e/ou uma redução da digestibilidade dos lipídeos (SHINNICK e MATHEWS, 1991; TOPPING, 1991).

O principal mecanismo de redução dos níveis séricos de lipídeos, segundo SPILLER, SHIPLEY e BLAKE (1978) é a influência das fibras sobre a absorção do colesterol e a síntese e excreção de sais biliares. Os autores sugerem que a perda de sais biliares associada com a esteatorréia possa ser o mecanismo pelo qual os componentes da fibra abaixam as concentrações de colesterol sérico. De acordo com STORY e KRITCHEVSKY (1976), esse processo pode resultar em uma

deficiência na formação micelar, essencial para a absorção de colesterol e isto, por sua vez, aumentaria a excreção de ácido biliar, o que promoveria um aumento na síntese de ácido biliar para substituir aquele perdido. Ambos eventos contribuiriam para a redução de colesterol plasmático.

Segundo HOAGLAND (1989) a capacidade das fibras para captar ácidos biliares e ácidos graxos depende de sua natureza, ao formar as ligações com os sais de cálcio procedente da parede celular.

b) Efeito de metabólitos produzidos no cólon

Pouco tempo atrás, a fração fibra dos componentes era considerada inerte, que passava pelo intestino sem sofrer modificações, como resultado de uma capacidade digestiva limitada, inerente às secreções digestivas e células epiteliais do trato gastrointestinal. Contudo, o intestino grosso representa um compartimento fermentativo eficaz, habitado por uma população microbiana anaeróbica mista. Segundo SALYERS et al. (1977) espécies “bacteróides” do cólon têm uma capacidade significativa para fermentar substratos contendo fibras solúveis.

As fibras solúveis, ao serem fermentadas no cólon, levam à formação de metabólitos aos quais se têm atribuído características hipocolesterolêmicas. Assim, os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato) são produzidos pela degradação da fibra solúvel no intestino e podem, ou serem utilizados como substrato energético pelas células intestinais ou serem absorvidos pela mucosa intestinal, passando para a corrente sanguínea (HUGHES, 1991; SOARES et al. 2000). Esses ácidos graxos podem inibir a síntese do CT no fígado diminuindo os níveis de colesterol sanguíneo de indivíduos hipercolesterolêmicos.

O mecanismo de ação das β -glucanas parece ser uma alteração do metabolismo e secreção de ácidos biliares e/ ou diminuição da digestão de lipídeos, mudanças nos níveis dos hormônios pancreáticos e gastrointestinais e/ou modificação das concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (ROBERFROID, 1993; TOMOMATSU, 1994; STARK e MADAR, 1994; AMERICAN..., 1997; WÜRSCH e PI-SUNYER, 1997; BENNET, 1998; OLREE et al., 1998).

SCHEPPACH et al. (1988) propuseram que ambos, acetato e propionato, afetariam o metabolismo dos lipídeos. Em particular, foi relatado que o alto nível de

acetato plasmático reduziria a concentração de ácidos graxos livres, provavelmente pelo efeito direto do acetato sobre o tecido adiposo.

c) Redução da interação enzima-substrato

Evidências experimentais sugerem que certas fibras solúveis podem inibir a atividade de lipases, as quais hidrolisam TAG a ácidos graxos livres, monoacilgliceróis e diacilgliceróis. Segundo SCHNEEMAN e GALLAHER (1986), dados “in vitro” indicam que a atividade da lipase do suco pancreático humano ou de amostras do duodeno pode ser inibida pela pectina e goma guar.

2.4 AÇÕES DA FIBRA SOLÚVEL SOBRE O METABOLISMO DOS CARBOIDRATOS – EFEITO HIPOGLICÊMICO

Tem sido demonstrado que o consumo de algumas fibras afetam o metabolismo da glicose. Fibras solúveis em água são vistas como sendo mais eficazes em provocar mudanças no metabolismo de carboidratos, enquanto que fibras insolúveis parecem ser menos ativas (JENKINS et al, 1975).

A ação desses polissacarídeos solúveis em reduzir a hiperglicemia pós-prandial, possivelmente, está relacionada à sua viscosidade. As dietas ricas em fibra solúvel produzem um aumento de viscosidade do conteúdo intestinal, já que são moléculas que captam água e possuem a propriedade de formar géis coloidais, o que diminui o contato do quimo geleificado com a mucosa intestinal e a taxa da digestão enzimática, reduzindo, conseqüentemente, a absorção intestinal de monossacarídeos e dissacarídeos (INK e HURT, 1987).

Segundo JENKINS et al. (1978) a ação dos agentes viscosos pode ser dupla, isto é, depende do atraso do esvaziamento gástrico (em virtude da capacidade desse agente de hidratar-se no estômago) e com isso provoca atraso na absorção de glicose no lúmen do intestino delgado. Isto ocorre em consequência de um espessamento da camada líquida estacionária, que circunda o vilo intestinal, o que resulta num obstáculo para a difusão. Uma taxa de difusão inadequada faz com que menos glicose entre na circulação (MEYER et al., 1988).

A redução na absorção de monossacarídeos e dissacarídeos faz com que a concentração de glicose no sangue eleve-se mais lentamente, assim como a secreção de insulina pancreática. Isto é aplicável no tratamento do diabetes, já que as necessidades de insulina tornam-se menores com o aumento do conteúdo de fibra na dieta (JENKINS et al., 1976).

Muitos estudos concluíram que as fibras solúveis reduzem a intolerância à glicose nos diabéticos. Suplementos de fibras adicionados a alimentos com elevado teor de carboidratos diminuíram os níveis de glicose e insulina pós-prandiais, reduziram a necessidade de insulina exógena ou baixaram o nível médio de glicose no sangue (ROBERFROID, 1993; WÜRSCH e PI-SUNYER, 1997; ROBERFROID e DELZENNE, 1998.).

As conclusões de um estudo feito por Chandalaia, citado por PRASAD (1999), indicaram que uma dieta com alto consumo de fibras, principalmente as do tipo solúvel, acima dos níveis recomendados pela Associação Americana de Diabetes (ADA), reduz a glicemia e a hiperinsulinemia, e diminui as concentrações lipídicas no plasma de pacientes diabéticos tipo 2.

A ADA reconhece que a ingestão de uma variedade de tipos de fibras pode ajudar a baixar a glicose do sangue pós-prandial anormal, mas acrescenta que o efeito pode ser pouco acentuado (AMERICAN..., 1997).

2.5 A SEMENTE DE LINHO (LINHAÇA)

2.5.1 O Que é Linho

O linho é uma semente naturalmente rica em ácidos graxos poliinsaturados (linoleico ou ômega-6 e alfa-linolênico ou ômega-3), fibras insolúveis e solúveis, lignanas, vitaminas, sais minerais e proteínas (BENNET, 1998; MACEDO, 2002).

Seu nome científico é *Linum usitatissimum*. Apresenta dois tipos de sementes: as de coloração dourada e marrom. Uma grande diferença entre as sementes é que para o cultivo da marrom há a utilização de agrotóxicos, enquanto que as douradas são cultivadas de forma orgânica (MACEDO, 2002).

A espécie que apresenta melhor qualidade pelo teor das substâncias acima citadas são as sementes de coloração amarelo dourada, cultivadas apenas em solo

norte americano. Em Dakota do Sul (EUA), as plantações das Fazendas Heintzman, já atingem cerca de 8.000 acres de sementes de linho amarelo dourado sem o uso de qualquer agrotóxico e com o pH e demais condições de solo extremamente controladas (KOLODZIEJCZYK e FEDEC, 1995, DAKOTAFLAXGOLD, 2000a).

Para consumo, as sementes são submetidas a um processo especial de limpeza por meio de um sistema de vibração, que permite a remoção de resíduos como terras, raízes, caules ou mesmo poeira. São normalmente estocadas sob condições apropriadas de umidade, o que impede crescimento de possíveis fungos ou bactérias (BENNET, 1998).

2.5.2 Um Pouco da História do Linho

As sementes de linho têm sido cultivadas desde o início das civilizações por diversos povos, tanto para fins alimentícios, como para serem utilizados em algumas enfermidades. Algumas curiosidades a respeito do linho:

3.000 anos a.C. – o linho era cultivado na Babilônia;

650 anos a.C. – Hipócrates relatou o uso do linho para aliviar sintomas intestinais;

100 anos a.C. – Tacitus elogiou as vantagens do uso do linho;

800 anos d.C. – Charlemagne considerou o linho tão importante para a saúde dos indivíduos, que fez leis e regras para seu consumo;

Século XV – Hildegard Von Bingen usou a semente inteira de linho em compressas quentes para tratamento de indisposições orgânicas internas e externas (DAKOTAFLAXGOLD, 2000b).

Essas pequenas sementes receberam o Selo de Aprovação Internacional pelo Diabetes Research Center (Centro de Pesquisa em Diabetes), como alimento benéfico aceitável para o consumo de pacientes com diabetes que publicou: “que ao consumir uma dieta balanceada em alimentos naturais com a semente de linho, que é naturalmente rica em ácidos graxos, contém proteínas de alta qualidade, fibras solúveis e insolúveis, lignanas, vitaminas e minerais, os quais são necessários para se viver melhor, o controle de glicose no sangue pode ser alcançado e algumas doenças prevenidas, com isso proporcionando um nível de vida melhor. Esses

nutrientes vitais são componentes necessários como suplementação nutricional” (MAZZA, 1998).

A semente de linho atua no tratamento do diabético diminuindo a velocidade do esvaziamento gástrico retardando a absorção de glicose melhorando, assim, seu nível glicêmico. Reduz o CT em 6% e o quociente LDL/HDL em 9%, apresenta lignanas, que são compostos derivados de um álcool e/ou ácido, e em recentes estudos tem demonstrado ação anti-câncer; possui fibras que melhoram o funcionamento intestinal e uma série de outras vantagens para o diabético (MAZZA, 1998; BENNETT, 1998).

2.5.3 Composição da Linhaça

A semente de linho é única em relação à sua composição. Os três componentes nutricionais de maior abundância são os ácidos graxos ômega-3 ou ácido alfa-linolênico (ALA), lignanas e as fibras solúveis e insolúveis como mostra a Tabela 1.

As variedades de semente de linho são compostas basicamente por 41% de óleo, 26% de proteína, 4% de cinzas, 5% fibras e 24% de extrato livre de nitrogênio. Há ainda uma grande quantidade de minerais e aminoácidos. O valor exato de seus componentes pode variar de acordo com a espécie, condições de crescimento, processamento da semente, e os métodos analíticos usados para determinar sua composição. Isto é importante para se entender como a literatura científica a descreve. A composição nutricional da linhaça na literatura existente é baseada na semente integral, que é o resultado da semente triturada. Esta é a razão pela qual a semente é usada em benefício à saúde (MACEDO, 2002).

TABELA 1 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SEMENTE DE LINHO. *

COMPONENTES	QUANTIDADE (em ¼ de xícara)	% RECOMENDADO (para 1800 Kcal)
Calorias	245 kcal	13,6 %
Carboidratos	13,9 g	5,6%
Gordura	16,9 g	33,8 %
Proteína	10,6 g	11,7%
Ácidos graxos ω -3	8,9 g	44,5%
Ácidos graxos ω -9	3,2 g	16%
Ácidos graxos ω -6	2,4 g	12%
Fibras	11,7g	39%
MINERAIS		
Potássio	338 mg	11,2%
Fósforo	293 mg	36,6%
Magnésio	229 mg	65%
Cálcio	104 mg	13%
Sódio	10 mg	0,2%
Zinco	2,1 mg	14%
Ferro	2,2 mg	22%
Cobre	1,1 mg	55%
Selênio	4 mcg	571,5%
VITAMINAS		
Vitamina A	8,9 UI	0,3%
Vitamina E	59 UI	89%
Vitamina B ₁ (Tiamina)	0,3 mg	20%
Vitamina B ₂ (Riboflavina)	1,5 mg	88,2%
Vitamina B ₃ (Niacina)	2,2 mg	11,5%
Vitamina B ₆ (Piridoxina)	0,4 mg	20%
Vitamina B ₁₂ (Cianocobalamina)	0,3 mg	15%
OUTROS COMPONENTES		
CoQ10	A ser determinado	-
Lignanas	A ser determinado	-

* (SIMPÓSIO..., 1999).

Estruturalmente as sementes de linho são lisas, ovais, com tamanho entre 4-6 mm de comprimento e 2-3 mm de largura. A superfície da semente é macia, polida, e varia em cores que vão do marrom escuro até o amarelo. A primeira membrana é composta por cinco camadas, sendo a última a epiderme com forte característica para mucilagem, pois uma vez hidratada expande sua dimensão várias vezes a partir da original. Essa expansão dá origem a uma massa gelatinosa quando a semente é embebida em água (MACEDO, 2002).

Os efeitos ambientais que atuam no crescimento e desenvolvimento da semente podem produzir sementes com teores diferentes de óleo, proteína, fibras e outros. Fatores como umidade e fertilidade da terra, presença de doenças, nitrogênio do solo, condições de plantio e uso de fertilizantes podem afetar a qualidade e quantidade de óleo. A concentração de óleo normalmente diminui e a concentração

de proteínas aumenta conforme aumenta a aplicação de nitrogênio no solo (BEZANGER-BEAUQUESNE, PINKAS e TORCK, 1980; 1986;).

Estudos de 400 sementes de linho registradas pelo mundo mostram que o conteúdo protéico varia de 39-45%, sendo a maior concentração de albumina (20%) e globulina (66%). Aparentemente, há uma presença relativamente uniforme na composição de aminoácidos, o que sugere um limite na variabilidade e na qualidade de suas proteínas (BEZANGER-BEAUQUESNE, PINKAS e TORCK, 1980; 1986;).

A semente de linho contém vários minerais, principalmente o potássio (5,6 a 9,2 mg/kg). Isto é relativamente alto quando comparado à banana (1,0 mg/kg), farinha de aveia (3,9 mg/kg), batata (1,1 mg/kg), e suco de laranja (240 mg/kg). Cálcio, magnésio, e zinco também estão presentes na linhaça (BEZANGER-BEAUQUESNE, PINKAS e TORCK, 1980; 1986;).

Em relação ao armazenamento, a linhaça suporta alta temperatura e umidade, sendo que se a umidade estiver abaixo de 75% não há problemas quanto ao crescimento de fungos e bactérias, e pode ser estocado por longos períodos de tempo (MAZZA, 1998; MACEDO, 2002).

2.5.4 Ações da Semente de Linho na Saúde

2.5.4.1 Ácido graxo ômega-3

Muitas doenças e sintomas que os diabéticos costumam desenvolver estão relacionados com a produção dos chamados eicosanóides "atenuante e reativo", que são primariamente derivados de ácidos graxos provindos da dieta (BENNET, 1998).

Eicosanóides são hormônios mensageiros que fazem seu trabalho e rapidamente desaparecem, sendo difícil o seu isolamento no sangue conseguindo apenas medir alguns de seus metabólitos na urina. Eles consistem em prostaglandinas, tromboxanos, prostaciclina e leucotrienos e são assim chamados devido a sua estrutura de 20 carbonos, do grego *eikosi*, que significa o número vinte (BENNET, 1998).

Essas substâncias passageiras são primariamente originadas nas células e já são mais de cem diferentes tipos identificados. Explica-se isto porque os eicosanóides são constituídos de ácidos graxos essenciais. A quantidade relativa de

ácidos graxos ingeridos pela dieta tem um efeito direto na produção dos eicosanóides (BENNET, 1998).

Os eicosanóides atenuantes são as prostaciclinas, que agem como vasodilatadores, imunomoduladores, diminuem inflamações e dores, aumentam o suprimento de oxigênio para os tecidos, previnem agregações plaquetárias, dilatam as vias aéreas e diminuem a proliferação celular. A outra série apresenta os efeitos opostos, por isso são considerados reativos. A ação de muitas drogas tem como resultado os efeitos dos eicosanóides reativos, como a Aspirina® que inibe a produção dos tromboxanos (vasoconstritor) prevenindo inflamação e inchaço pelo corpo (BENNET, 1998).

Alguns eicosanóides são produzidos a partir do ácido aracdônico (AA) e existe uma quantidade razoável do AA em alimentos de origem animal, e isto pode ser uma das causas de que a alta ingestão de carnes gordas esteja relacionada aos problemas de saúde, principalmente os de ordem circulatória. Uma maneira de eliminar boa parte do AA é retirar o excesso de gordura das carnes e optar pelo grelhado como meio de cocção (BENNET, 1998).

A escolha da dieta tem um efeito importante na proporção de ácidos graxos ômega-3 (ω -3) e ômega-6 (ω -6) ingeridos. Angina, viroses, estresse crônico e infecções podem desregular a produção dos eicosanóides, mas pode-se reorganizar esta produção de acordo com a alimentação consumida (BENNET, 1998).

Sabe-se que toda a série de eicosanóides tem origem no ácido linolêico (ômega-6) ou linolênico (ômega-3) e ambos os ácidos graxos formadores são ativados pela enzima delta-6-desaturase (D6D). Esta enzima tem a “chance” de escolher entre usar o ácido linolêico ou linolênico como substrato para a síntese dos eicosanóides. Esta etapa é importante e por isso os cientistas a chamam de “etapa seletiva”. A enzima D6D não pode usar ambos como substrato com o máximo de eficiência e irá escolher o substrato que estiver presente em maior concentração (BENNET, 1998).

O estudo de SIMOUPOLOS (1999) revela que há 100-150 anos atrás houve um aumento significativo no consumo de produtos ricos em ômega-6 devido ao aumento do consumo de produtos como óleos vegetais de milho, girassol, canola e soja. Hoje, nas dietas ocidentais a proporção de ω -6 para ω -3 é de 20-30:1 ao invés

do ideal 1-2:1, segundo citado por este autor. O alto consumo de ω -6 altera o estado fisiológico da produção de protrombóticos e proagregadores, caracterizando um aumento na viscosidade sangüínea, vasoconstrição e diminuição do tempo de coagulação.

Os ácidos ω -3, por sua vez, agem como antiinflamatórios, antitrombóticos, antiarrítmicos, hipolipídicos e vasodilatadores. Estes efeitos estão sendo úteis na prevenção de doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes tipo 2, e em alguns pacientes com doença renal, artrite reumatóide, colite ulcerativa, doença de Crohn e doença pulmonar obstrutiva crônica.

Desta forma, se a dieta contém uma maior quantidade de produtos ricos em ômega-6 (óleo de girassol, milho, soja e canola) a enzima irá favorecer a síntese de eicosanóides ômega-6.

Ainda acrescenta-se que o uso das gorduras *trans* também prejudica a formação dos eicosanóides atenuantes, pois elas inibem a enzima D6D interferindo na síntese e ação dos eicosanóides. Outro fato é que as dietas ricas em carboidratos que elevam os níveis de insulina, resultam também em inibição da D6D. Vitamina B-6, magnésio e zinco são necessários para a atividade da D6D.

O uso da semente de linho, que é uma rica fonte de ômega-3 é uma excelente opção para balancear a produção dos eicosanóides. A proteína de linho ajuda a manter os níveis de insulina baixos, as lignanas diminuem as chances de câncer de intestino e mama e as fibras ajudam na função intestinal e reduzem os níveis de CT.

O estudo de JAMES, GIBSON e CLELAND (2000), analisou os efeitos do ácido ômega-3 na dieta e concluiu que houve uma diminuição da síntese de prostaglandinas e leucotrienos. Também mostrou que houve uma redução menor ou igual a 90% na produção de citocinas em um estudo comparativo entre pessoas saudáveis e pessoas portadoras de artrite reumatóide.

O consumo excessivo de gorduras pode causar a obesidade. De fato a possibilidade de uma pessoa obesa desenvolver o diabetes chega a dobrar para pessoas com 20% acima do peso ideal. E o risco ainda dobra a cada 20% adicionais no excesso de peso (PRASAD, 1999).

Estas noções têm implicações práticas importantes, pois não é preciso diminuir drasticamente a ingestão de gordura para reduzir os níveis de colesterol.

Em vez disso, deve-se reduzir a ingestão de ácidos graxos saturados e substituí-los em parte por carboidratos complexos, em parte por óleos vegetais ricos em ácidos graxos mono e poliinsaturados (PRASAD, 1999).

2.5.4.2 Lignanas

As lignanas são compostos difenólicos formados por precursores vegetais contidos na linhaça. Estes precursores quando ingeridos, são modificados estruturalmente pelas bactérias do intestino que acrescentam a esta estrutura o enterodiol e enterolactona. Ambos possuem efeitos semelhantes ao hormônio estrogênio (fator de proteção feminina ao câncer e doenças cardíacas), sendo esta ação muito similar aos isoflavonóides na soja. Existe uma grande similaridade entre a estrutura química do enterodiol e Tamoxifen, que é usado no tratamento para o câncer (BENNET, 1998; MACEDO, 2002; CARDENAS e ROSSI, 2002).

Um precursor de interesse particular é o diglucosídeo de secoisolariciresinol (SDG), o qual tem sido objeto de muitos estudos. Acredita-se que este precursor é um dos mais potentes com ação anti-câncer, devido a sua ação antioxidante.

A presença de lignanas na excreção urinária é significativamente menor em pacientes com câncer de mama e em pacientes com alto risco de desenvolver câncer de cólon. Estudos epidemiológicos mostram associação entre o consumo de lignanas e concentrações de hormônios sexuais. Mulheres vegetarianas pós-menopausa, que excretavam alto teor de lignanas na urina, tem níveis plasmáticos mais elevados de hormônio sexual ligado à globulina (SHBG) do que onívoros ou pacientes com câncer. Isto sugere que mulheres que usam semente de linho em sua alimentação terão um maior efeito preventivo.

Estudos feitos com animais em tratamento de diabetes, hipercolesterolemia, arteriosclerose, choque cetônico e lúpus nefrites usando o diglucosídeo do secoisolariciresinol (SDG) isolado da linhaça indicam que em coelhos houve uma redução de 33% no colesterol total, de 35% no LDL-C, um aumento superior a 200% no HDL-C e redução na aterosclerose em 73%. Em ratos houve uma redução no desenvolvimento e progressão do diabetes; em cachorros verificou-se que o SDG preveniu o desenvolvimento de choque cetônico. Já nos ratos, SDG preservou a função renal e determinou uma dose-dependente que atrasa o início e prevalência

da proteinúria em animais com lúpus nefrites. Em humanos nenhum estudo foi feito ainda (BENNET, 1998; MACEDO, 2002; CARDENAS e ROSSI, 2002).

2.5.4.3 Fibras

Segundo vários autores, o que torna a fibra tão útil é sua habilidade em reduzir o CT e TAG, glicemia pós-prandial e basal e melhorar a função intestinal e promover sensação de saciedade, além de possuírem um baixo índice glicêmico, o que é importante para diabéticos ou qualquer pessoa que necessite manter sua glicemia e nível de insulina baixos. As fibras podem melhorar a tolerância à glicose e insulina no sangue (STARK e MADAR, 1994; WÜRSCH e PI-SUNYER, 1997; ROBERFROID e DELZENNE, 1998; NESTLÉ, 2000).

Muitos estudos concluíram que as fibras solúveis reduzem a intolerância à glicose nos diabéticos. Suplementos de fibras adicionados a alimentos com elevado teor de carboidratos diminuíram os níveis de glicose e insulina pós-prandiais, reduziram a necessidade de insulina exógena ou baixaram o nível médio de glicose no sangue. (ROBERFROID, 1993; STARK e MADAR, 1994; WÜRSCH e PI-SUNYER, 1997; ROBERFROID e DELZENNE, 1998;).

A semente de linho contém ambas as fibras solúveis e insolúveis e difere das demais sementes oleaginosas por ter acrescido à sua epiderme uma camada a mais de uma substância formada de polissacarídeos (MACEDO, 2002).

Este material gelatinoso é usado como um agente espessante e emulsificante. Esta camada pode fazer uma diferença muito grande na redução do diabetes, doenças cardiovasculares e câncer de cólon e reto e pode também ter efeitos na redução da obesidade (BENNET, 1998).

De acordo com MAHAN (2000) indica-se um consumo diário de fibras em torno de 20 a 30 g por dia. O total de fibra alimentar contida em ¼ de xícara de semente de linho ou 45 g é de 11,7 g. (BENNET, 1998, MACEDO, 2002). A Tabela 2 mostra o teor de fibras de alguns alimentos.

TABELA 2– TEOR DE FIBRAS EM ALGUNS ALIMENTOS

ALIMENTO	QUANTIDADE	QUANTIDADE DE FIBRA TOTAL (g)
Semente de linho	45 g (1/4 xícara de chá)	11,7
Feijão carioca cozido	1 concha	7,22
Semente de abóbora	2 col sopa	7,18
Granola	2 col sopa	6,38
Lentilha cozida	2 col sopa	5,8
Feijão preto cozido	1 concha	5,36
ALL BRAN	2 col sopa	3
Grão de bico	1/2 xic. De chá	2,6
Farinha de aveia	2 col sopa	2,4
Aveia em flocos	2 col sopa	1,9
Pão de centeio	1 fatia	1,8
Pão integral	1 fatia	1,8

FONTE: BENNET, 1998.

2.5.4.4 Efeitos no metabolismo da glicose

A semente de linho é um dos alimentos com menor índice glicêmico com uma proporção de proteína/carboidrato de 0,79, sendo o ideal 0,75. A fibra presente na linhaça não é absorvida e não apresenta efeito direto nos níveis de insulina. A fibra age como um impedimento na absorção do carboidrato e se a fibra for removida da semente (no caso dos produtos a base de óleo de linhaça) a velocidade de absorção aumentará (BENNET, 1998).

Quando um carboidrato entra rápido demais na corrente sanguínea o pâncreas responde liberando altos níveis de insulina. Níveis elevados de insulina por muito tempo são prejudiciais à saúde (GANEP, 2000).

A glicemia pode ser constantemente reduzida pela insulina, mas a grande quantidade deste hormônio sempre presente na circulação diz ao organismo para armazenar calorias na forma de gordura e manter o estoque. Por esta razão uma dieta rica em carboidratos e pobre em gorduras pode engordar (BENNET, 1998).

Deve-se observar também que em diabéticos é comum a associação com a obesidade e perder peso é a terapia mais eficaz para o diabético não insulino dependente. Diversos estudos mostram que a diminuição de peso melhora a capacidade do corpo para metabolizar a glicose pois acredita-se que isto aumente o número de receptores celulares à insulina (HALPERN, 2000; MAHAN, 2000).

2.5.4.5 Efeitos no metabolismo dos lipídeos

Desde que os fatores de risco para doenças cardiovasculares foram associados aos valores lipídicos no sangue, os exames de rotina tornaram-se essenciais para o diagnóstico.

Os efeitos da linhaça ainda não foram muito estudados em exames laboratoriais lipídicos, mas em alguns estudos publicados, foi indicado que os três principais componentes de linho (fibras, lignanas e ômega-3) sozinhos ou combinados produzem efeito nos níveis plasmáticos de lipídeos. O ômega-3 e as fibras são os principais componentes que afetam positivamente o metabolismo lipídico. Não há dados que fundamentem as lignanas no metabolismo dos lipídeos (BENNET, 1998).

A fibra vem sendo estudada por mais de 30 anos em animais para se entender como diferentes tipos de fibras podem diminuir os níveis plasmáticos de CT. Estudos mostraram que as fibras solúveis promovem a diminuição do CT em alguns animais, como as galinhas, mas não é tão efetiva em outros, no caso macacos. Experimentos em ratos que ingeriram de 20 a 40% de semente de linho reduziram significativamente o CT e TAG em comparação aos ratos que não ingeriram este alimento.

Em humanos, a semente de linho tem mostrado diminuir os níveis plasmáticos de CT e de LDL-C. Em um estudo, nove mulheres voluntárias ingeriram uma dieta com 50g de semente de linho diariamente por 4 semanas. Os resultados foram que o colesterol total diminuiu em 9% e o LDL-C foi reduzido em 18%. Outro estudo mostrou que o CT e o quociente LDL-C/HDL-C também reduziu em 10 voluntários, sendo 5 mulheres e 5 homens, em torno de 6%. Nestes estudos foram usados "muffins" com um total de 50 g diárias de linho. Em outro estudo com 15 voluntários, um adicional de 15 g foi oferecido diariamente por 3 meses, sendo que obteve-se uma diminuição de 266 para 248 mg/dl o CT e reduziu-se o LDL-C de 190 para 170 mg/dl (KRITCHEVSKY, 1995).

Entretanto em um estudo onde foi usado apenas o óleo da semente de linho não foi observada mudança significativa no CT, no LDL-C e no HDL-C. Os voluntários ingeriram cerca de 35mg de óleo por quilo de peso por dia ao invés de semente integral (LAYNE et al., 1996).

É importante observar que a maioria das informações científicas pesquisadas mostra que os efeitos positivos da semente de linho no metabolismo dos lipídeos está mais associada à presença das fibras do que ao ômega-3 (BENNET, 1998).

Segundo Prasad, citado por PATTANAIK e PRASAD (1998), a fibra atua de maneira significativa no metabolismo lipídico. Ele estudou os efeitos do diglucosídeo do secoisolariciresinol (SDG) em coelhos da seguinte maneira: foram 3 grupos: um com dieta controle, um com dieta com 1% de colesterol e sem SDG e um grupo com dieta com 1% de colesterol + SDG. Os resultados foram: diminuição do CT em 35%, diminuição do LDL-C em 33%, aumento do HDL-C em 140% no grupo que fez uso de SDG. Também houve uma diminuição da fração CT/ LDL-C e LDL-C/HDL-C em aproximadamente 64%. Concluiu-se que a SDG reduziu a hipertrigliceridemia aterosclerótica e este efeito foi associado a diminuição do CT, LDL-C, produtos da peroxidação lipídica e um aumento do HDL-C e reservas antioxidantes.

BIERENBAUM, REICHSTEIN e WATKINS (1993) acompanharam 15 homens hipercolesterolêmicos que consumiram 15 g de linhaça associados a 800 U.I. de vitamina E por um período de 3 meses. Ao término do experimento, foi observada uma diminuição de 10% no LDL-C, 7% no CT e uma ligeira queda nos níveis de TAG e nenhuma modificação no HDL-C. Outros estudos colocam a linhaça amarela dourada como um alimento com potencial benéfico à saúde, podendo interferir positivamente no perfil lipídico, além de atuar em outros aspectos do organismo (CRAIG, 1999).

No Brasil, pouco se conhece e pesquisa sobre este alimento sendo que as ações das sementes de linho e suas substâncias ativas nos níveis de CT já foram bastante estudadas em outros países como os Estados Unidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DO MATERIAL PARA OS TESTES BIOLÓGICOS

As sementes de linho que foram utilizadas no presente trabalho foram adquiridas na Richard's Leonard de São Paulo (SP), que é representante exclusiva do produto no Brasil. Os demais alimentos utilizados foram adquiridos em supermercados de Curitiba. Os suplementos de vitaminas e minerais que foram acrescidos à dieta dos ratos foram adquiridos em empresas especializadas. Os "kits" para análise dos lipídeos e glicemia foram doados pelo Laboratório Champagnat (Curitiba – PR) bem como as análises bioquímicas realizadas ao longo do ensaio biológico. Os materiais de uso diário no biotério foram adquiridos em representantes de materiais médico-hospitalares e os ratos foram cedidos pelo Biotério do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

3.2 PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

O primeiro ensaio teve a duração de 28 dias e foi realizado com o objetivo principal de testar várias concentrações da semente de linho sobre os parâmetros glicêmicos, lipêmicos e nutricionais, para se estabelecer uma quantidade ideal de semente de linho a ser utilizada no segundo ensaio biológico.

3.2.1 Preparo das Dietas

Foram preparadas quatro dietas experimentais com a semente de linho e uma dieta controle, todas elas acrescidas de banha de porco. As dietas foram preparadas variando-se apenas a quantidade da semente de linho em detrimento da celulose e utilizando-se a caseína como fonte protéica. A composição dessas dietas foram definidas de acordo com REEVES, NIELSEN e FAHEY (1992) e são mostradas nas Tabelas 3, 4 e 5.

TABELA 3 - COMPOSIÇÃO DAS DIETAS CONTROLE E SUPLEMENTADAS COM SEMENTE DE LINHO UTILIZADA NO PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO (g/100 g DE DIETA)

COMPONENTES	DIETA CONTROLE	DIETAS EXPERIMENTAIS			
		1	2	3	4
Amido de milho	39,74	41,74	38,74	35,74	32,74
Caseína	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Amido de milho dextrinizado	13,20	13,20	13,20	13,20	13,20
Sacarose	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Banha de porco	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
Celulose microcristalina	5,00	---	---	---	---
Semente de Linho	---	3,00	6,00	9,00	12,00
Mistura mineral	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
Mistura vitamínica	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
L-cistina	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Colina bitartrate	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Tert-butilhidroquinona	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014

FONTE: REEVES, NIELSEN e FAHEY, 1992.

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO DA MISTURA MINERAL (g/Kg DE MISTURA)

COMPONENTES	QUANTIDADE (g)
MINERAIS ESSENCIAIS	
Carbonato de cálcio; anidro; 40,04%Ca	357,00
Fosfato de potássio, monobásico 22,76%P e 28,73%K	196,00
Citrato de potássio, tri-potássico, monohidrato; 36,16%Cl	70,78
Cloreto de sódio; 39,34%Na; 60,66%Cl	74,00
Sulfato de potássio; 44,87%K; 18,39%S	46,60
Óxido de magnésio; 60,32%Mg	24,00
Citrato férrico; 16,5%Fe	6,05
Carbonato de zinco; 52,14%Zn	1,65
Carbonato de manganês; 47,79%Mn	0,63
Carbonato de cobre; 57,47%Cu	0,30
Iodato de potássio; 59,3%I	0,01
Selenato de sódio, anidro; 41,79%Se	0,01
Paramolibdato de amônia, 4hidrato; 54,34%Mo	0,01
MINERAIS POTENCIALMENTE BENÉFICOS	
Meta-silicato de sódio, 9 hidrato; 9,88%Si	1,45
Sulfato de potássio-cromo, 12hidrato; 10,42%Cr	0,27
Cloreto de lítio; 16,38%Li	0,01
Ácido bórico; 17,5%B	0,08
Fluoreto de sódio; 45,24%F	0,06
Carbonato de níquel; 45%Ni	0,03
Vanadato de amônia; 43,55%V	0,01
Sacarose em pó	221,02

FONTE: REEVES, NIELSEN e FAHEY, 1992.

TABELA 5 – COMPOSIÇÃO DA MISTURA VITAMÍNICA
(g/Kg DE MISTURA)

COMPONENTES	QUANTIDADE
Ácido nicotínico	3,0
Pantotenato de Ca	1,6
Piridoxina-HCl	0,70
Tiamina-HCl	0,60
Riboflavina	0,60
Ácido fólico	0,20
Biotina-D	0,02
Vitamina B12	2,50
Vitamina E	15,0
Vitamina A	0,8
Vitamina K	0,07
Sacarose em pó	974,65

FONTE: REEVES, NIELSEN e FAHEY, 1992.

3.2.2 Granulometria

A granulometria das dietas foi determinada utilizando-se equipamento ERWEKA, com tamises de 12, 16, 20, 28, 32, 42 e 48 mesh. A quantidade de amostra peneirada foi de 30 g. Após 30 minutos de agitação, o conteúdo dos tamises foi pesado e a porcentagem de retenção foi calculada para cada tamis.

3.2.3 Análise Química e Física das Dietas

Para a análise físico-química das dietas foram empregados os métodos preconizados pela AOAC – Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).

Todas as dietas foram avaliadas quanto ao teor de nitrogênio, teores de umidade e cinzas de acordo com a AOAC (1990). Para a obtenção dos teores de proteínas, foi multiplicado o valor do nitrogênio total, obtido através do método micro-Kjeldahl, pelo fator 6,25.

Após o preparo e análise das dietas, estas foram acondicionadas convenientemente até o momento do uso.

3.2.4 Animais Utilizados

Para a realização do primeiro ensaio biológico foram utilizados ratos machos Wistar livres de patógenos específicos adquiridos no Biotério do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná.

Foram selecionados 85 animais, dos quais 10 foram sacrificados no início do experimento, após jejum de 12 horas, para coleta de sangue pela técnica de punção cardíaca. Este sangue foi considerado “controle” e denominado “tempo 0”. Os demais ratos foram distribuídos em cinco grupos de 10 animais para as cinco dietas a serem testadas. Esses animais permaneceram em gaiolas individuais, em ambiente com temperatura entre 22-23° C, sendo a iluminação ambiental controlada para 12 horas de luz e 12 horas de obscuridade. Os animais receberam alimento e água “ad libitum”, e o peso e consumo da dieta foram registrados semanalmente.

3.2.5 Coleta de Sangue e Análises Bioquímicas

Durante todo o período experimental, foram realizadas quatro coletas de sangue, além daquela citada no item 3.2.4. Os animais, após jejum de 12 horas, foram sacrificados semanalmente para coleta de sangue por punção cardíaca, obtendo-se, assim, amostras de sangue denominadas “tempo 1”, “tempo 2”, “tempo 3” e “tempo 4”.

As amostras de sangue coletadas nos cinco períodos (tempos 0, 1, 2, 3 e 4) foram acondicionadas convenientemente e encaminhadas ao laboratório para a realização das análises bioquímicas. Foram dosados CT, TAG, HDL-C e glicose. O LDL-C foi estimado segundo a fórmula de FRIEDEWALD, LEVY e FREDRIKSON, 1972:

$$\text{LDL-C} = \text{CT} - (\text{HDL-C} - \frac{\text{TAG}}{5})$$

Os níveis de CT e TAG foram obtidos utilizando-se reações enzimáticas colorimétricas, em aparelho automatizado Microlab 200 (Merck). O nível de HDL-C foi determinado no soro, pelo método homogêneo-direto, em aparelho automatizado Selectra 2 (Merck), após formação do complexo antígeno-anticorpo com as

lipoproteínas LDL, VLDL e quilomícrons. A fração de colesterol da lipoproteína HDL foi dosada pela mesma reação utilizada na determinação do CT. O teor de LDL-C foi estimado pela fórmula de Friedewald, sempre que os níveis de TAG eram inferiores a 400 mg/dl. Para a análise da glicose utilizou-se o método enzimático glicose-oxidase em aparelho automatizado Selectra 2 (Merck).

3.2.6 Tempo de Trânsito Intestinal

A determinação do tempo de trânsito intestinal foi realizada no último dia do experimento, utilizando-se a técnica de BIANCHI et al. (1983).

Os animais, após jejum de 16 horas, foram alimentados com 2,5 g das dietas utilizadas durante o ensaio, marcadas com 10% de carvão vegetal. Após 30 minutos de ingestão, cada animal foi sacrificado para remoção do intestino delgado. O comprimento de cada intestino foi medido (do esfíncter pilórico à junção íleo-ceco) e a distância percorrida pela dieta foi registrada como uma porcentagem do comprimento total (% de trânsito).

3.2.7 Parâmetros Nutricionais

Os animais que não foram sacrificados durante o primeiro ensaio biológico e que permaneceram até o término do experimento foram empregados para avaliações dos cálculos do quociente de eficiência protéica operacional (PER.op), quociente de eficiência alimentar (QEA) e curva de crescimento segundo SGARBIERI, (1996). O PER e o QEA foram determinados através das seguintes fórmulas:

$$\text{PER op.} = \frac{\text{Ganho de peso (g)}}{\text{Consumo de proteína (g)}}$$

$$\text{QEA} = \frac{\text{Ganho de peso (g)}}{\text{Consumo da dieta (g)}}$$

Do 14º ao 22º dias de experimento, um grupo de dez ratos para cada dieta foi mantido em gaiolas metabólicas para coleta de fezes e urina, cujo nitrogênio foi

determinado pelo método da AOAC (1990). O peso e a quantidade da dieta ingerida foram registrados a cada dois dias durante este período.

Portanto, através do ensaio metabólico, foram avaliados os seguintes índices:

a) Peso e nitrogênio fecal: as fezes eliminadas pelos animais durante a semana de balanço foram recolhidas. A seguir, foram secas em estufa à temperatura de 105° C e moídas para determinação do peso seco e cálculo de nitrogênio fecal.

b) Nitrogênio urinário: durante o período de balanço, a urina foi coletada em erlenmeyer contendo 1 ml de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 20%. Ao final do ensaio foram medidos os volumes e, posteriormente, foi determinado o teor de nitrogênio das amostras.

c) Nitrogênio ingerido: a quantidade de dieta ingerida pelos ratos também foi registrada e sobre esses valores obtidos, foi determinada a quantidade de nitrogênio ingerido para cada animal durante todo o período de balanço metabólico.

d) Balanço de nitrogênio: foi calculado pela diferença entre a ingestão e a excreção de nitrogênio, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$BN = NI - (NF + NU)$$

Onde: BN= balanço de nitrogênio

NI= nitrogênio ingerido

NF= nitrogênio fecal

NU= nitrogênio urinário

e) Digestibilidade aparente: representa a porcentagem das proteínas que são hidrolisadas pelas enzimas gastrointestinais e que serão absorvidas como compostos nitrogenados. Para o cálculo empregou-se a fórmula:

$$Da = \frac{NI - NF}{NI} \times 100 = \frac{NA}{NI} \times 100$$

Onde: Da = digestibilidade aparente

NI = nitrogênio ingerido

NF = nitrogênio fecal

NA = nitrogênio absorvido

f) Valor biológico aparente (operacional): representa a quantidade de nitrogênio absorvido que será retido pelo organismo. A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$Vba (op.) = \frac{NI - (NF + NU)}{NI - NF} \times 100 = \frac{NR}{NA} \times 100$$

Onde: Vba (op.) = valor biológico aparente

NI = nitrogênio ingerido

NF= nitrogênio fecal

NU = nitrogênio urinário

NR = nitrogênio retido

NA = nitrogênio absorvido

g) Quociente de utilização líquida da proteína (operacional): refere-se à quantidade de nitrogênio que é retido no organismo em relação àquele que foi ingerido. Pode ser calculado pela fórmula:

$$NPU (op) = \frac{NI - (NF + NU)}{NI} \times 100 = \frac{NR}{NI} \times 100$$

Onde: NPU op = quociente de utilização líquida da proteína operacional

NI = nitrogênio ingerido

NF = nitrogênio fecal

NU = nitrogênio urinário

NR = nitrogênio retido

3.3 SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO

A partir dos resultados obtidos no primeiro ensaio biológico, optou-se por realizar um segundo ensaio, de maior duração (60 dias), e com concentrações de fibra de 2,5 e 5%. A justificativa para tal opção é que foi constatado que as alterações nos níveis séricos dos parâmetros bioquímicos analisados, começaram a ser significantes ao final do 1º ensaio biológico, mais precisamente a partir da terceira semana de experimento. Daí a necessidade de se prolongar o tempo de duração do ensaio. Além disso, observou-se que os melhores resultados foram obtidos com concentrações em torno de 9 g de semente de linho/100g de dieta (2,3% de fibras). Por isso optou-se por trabalhar com uma dieta com 2,5% de fibras

provenientes da semente de linho e outra com o dobro da quantidade (no caso 5%), para se avaliar os efeitos no metabolismo do animal.

3.3.1 Preparo das Dietas

Foram preparadas uma dieta controle (DC) e duas dietas experimentais (DE-1 e DE-2). A DE-1 continha 2,5% de fibras provenientes da semente de linho e a DE-2 continha 5% de fibras provenientes da semente de linho. Todas as dietas foram acrescidas de banha de porco para favorecer o aumento da lipídemia dos animais.

A composição dessas dietas pode ser observada na Tabela 6. Todos os componentes das dietas utilizados nestes ensaios foram obtidos nos mesmos locais indicados no item 3.2.1. A composição das misturas mineral e vitamínica é a mesma citada nas Tabelas 4 e 5.

Os mesmos procedimentos utilizados para as dietas do primeiro ensaio, no que se refere à determinação de nitrogênio, umidade e cinzas, bem como à estocagem, foram praticados com as dietas desse segundo ensaio.

TABELA 6 – COMPOSIÇÃO DAS DIETAS CONTROLE E SUPLEMENTADAS COM SEMENTE DE LINHO UTILIZADA NO SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO (g/100 g DE DIETA)

COMPONENTES	DIETA CONTROLE	DIETAS EXPERIMENTAIS	
		1	2
Amido de milho	39,74	37,82	30,90
Caseína	20,0	17,73	15,47
Amido de milho dextrinizado	13,2	13,2	13,2
Sacarose	10,0	9,57	9,14
Banha de porco	7,0	7,0	7,0
Celulose microcristalina	5,0	---	---
Semente de Linho	---	9,61	19,22
Mistura mineral	3,5	3,5	3,5
Mistura vitamínica	1,0	1,0	1,0
L-cistina	0,3	0,3	0,3
Colina bitartrate	0,25	0,25	0,25
Tert-butilhidroquinona	0,0014	0,0014	0,0014

FONTE: REEVES, NIELSEN e FAHEY, 1992.

3.3.2 Granulometria

A granulometria das dietas foi determinada conforme citado no item 3.2.2.

3.3.3 Análise Química e Física das Dietas

Para a análise físico-química das dietas foram empregados os mesmos métodos citados no item 3.2.3.

3.3.4 Animais utilizados

Para a realização do segundo ensaio biológico foram utilizados 45 ratos machos "Wistar" livres de patógenos específicos e que foram adquiridos no Biotério do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em 3 grupos, ou seja, dieta controle, dieta experimental 1 e dieta experimental 2. As condições ambientais e de alimentação foram as mesmas do primeiro ensaio biológico e estão descritas no item 3.2.4.

3.3.5 Coleta de Sangue

Assim como no primeiro ensaio biológico, coletas sanguíneas foram realizadas ao longo do experimento. Neste ensaio, o sangue foi coletado no 1º dia (tempo 0), no 15º dia (tempo 1), no 30º dia (tempo 2), 45º dia (tempo 3) e no 60º dia (tempo 4). O tratamento do sangue para as análises bioquímicas foi idêntico ao descrito no item 3.2.5.

As amostras de sangue coletadas nos cinco períodos (tempos 0, 1, 2, 3 e 4) foram acondicionadas convenientemente e encaminhadas ao laboratório para a realização das análises bioquímicas logo após a coleta. Além das análises realizadas no primeiro ensaio biológico, citadas no item 3.2.5, analisou-se também: albumina, uréia, creatinina, proteínas totais, aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase. Estas análises foram realizadas somente nos tempos 0 e 4.

Os métodos utilizados nas análises do CT, TAG, HDL-C e glicose foram os mesmos do primeiro ensaio e estão descritos no item 3.2.5. Para as análises da

uréia e creatinina sérica utilizou-se o método enzimático UV, em aparelho automatizado Microlab 200 (Merck). As concentrações de proteínas totais e albumina foram obtidas pelos métodos biureto e verde de bromocresol, respectivamente, em aparelho automatizado Selectra 2 (Merck). Finalmente, a avaliação da atividade das transaminases oxalacética e pirúvica se deu em equipamento Selectra 2 (Merck) e utilizando-se o método cinético UV.

3.3.6 Tempo de Trânsito Intestinal

No último dia de ensaio foi determinado o tempo de trânsito intestinal com 4 animais de cada uma das dietas, utilizando-se a técnica já descrita no item 3.2.6.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados experimentais obtidos em cada ensaio biológico foram submetidos à análise estatística empregando-se o Software STATISTICA 5.0. A significância dos resultados foi avaliada através de análise de variância.

Para comparar as médias dos resultados obtidos nos ensaios biológicos, utilizou-se o teste de Tukey (PIMENTEL e GOMES, 1982). Foi estabelecido $p < 0,05$ como nível de significância.

A partir dos dados bioquímicos encontrados no segundo ensaio biológico, foi realizada uma análise prévia com o uso da estatística de controle de qualidade (JURAN e GRYNNA, 1993), a fim de se eliminar os valores extremos (fora das características populacionais).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

4.1.1 Caracterização das Dietas

4.1.1.1 Composição química

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para a composição centesimal média das dietas oferecidas aos ratos durante o primeiro ensaio biológico. A diferença entre as dietas experimentais foi o teor de fibra de linho cujas quantidades foram: 0,8%; 1,6%; 2,3%, e 3,1% para DE-1, DE-2, DE-3 e DE-4, respectivamente.

TABELA 7 – COMPOSIÇÃO CENTESIMAL MÉDIA DAS DIETAS

COMPONENTES *	%
Cinzas	2,61
Umidade	8,95
Proteínas	17,00
Lipídeos	17,00
Carboidratos (por diferença)	53,00

* média de três repetições

4.1.1.2 Granulometria

A Tabela 8 apresenta os resultados referentes a granulometria das dietas estudadas.

TABELA 8 – GRANULOMETRIA DAS DIETAS ESTUDADAS

Mesh	Abertura Tamis (µm)	DC	DE-1	DE-2	DE-3	DE-4
12	1400	18,04	11,57	17,93	24,93	29,67
16	1000	10,13	13,05	41,9	35,25	42,02
20	850	2,39	4,70	0,99	0,92	1,1
28	600	8,07	12,27	5,17	5,01	6,47
32	500	4,75	4,45	5,09	3,32	5,9
42	355	11,01	10,09	6,96	6,09	2,85
48	300	23,9	27,21	12,78	6,82	1,37
Coletor	---	21,71	16,66	9,18	16,66	10,62

Onde: DC= dieta controle (0% semente de linho); DE-1= dieta experimental 1(0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,6% de fibra de linho)

Observando-se os dados obtidos, verifica-se que 45,61% das partículas da dieta controle e 43,87% das partículas da DE-1, ficaram retidas, respectivamente, entre o coletor e o tamis de 48 mesh. Isto indica que essas dietas são constituídas, basicamente de pó fino e semi-fino (partículas menores que 355 e 300 μm). Por outro lado, nas dietas experimentais 2, 3 e 4, a maior parte das partículas ficou retida nos tamises com abertura de 1400 e 1000 μm (59,83% na DE-2, 60,18% na DE-3 e 60,18% na DE-4), sendo, portanto, constituídas por pó moderadamente grosso devido à presença da semente de linho.

Segundo DREHER (1987), fibras constituídas de partículas pequenas apresentam uma maior capacidade de ligarem-se aos ácidos biliares, o que é benéfico para pacientes hipercolesterolêmicos. Entretanto, o aumento no volume fecal proporcionado por essas fibras é menor quando comparado com aquele proporcionado por fibras de partículas de tamanho maior.

Como não houve diferença estatística significativa na quantidade de líquidos retidos nas fezes dos ratos de todos os tratamentos, pode-se considerar que o tamanho das partículas da dieta não afetou significativamente a retenção de líquido decorrente da presença de fibras na dieta.

4.1.2 Análises Bioquímicas

Na Tabela 9 são apresentados valores de referência para os componentes bioquímicos em soro de ratos, provenientes da literatura.

TABELA 9 – COMPONENTES BIOQUÍMICOS DE ANIMAIS DE LABORATÓRIO*

Componente	FONTE		
	CRISPENS, 1975	MELBY e ALTAMAN, 1977	WOLFENSONHN e LLOYDS, 1995
Glicose (mg/dl)	70,0	119,0-279,0	50,0-135,0
Colesterol total (mg/dl)	91,9-142,0	28,0-151,1	40,0-130,0
HDL-C (mg/dl)	35,0-110,0	---	---
LDL-C (mg/dl)	15,0-42,0	---	---
Triacilgliceróis (mg/dl)	---	26,0-145,0	---
Uréia (mg/dl)	35,3-38,3	15,1-36,0	15,0-21,0
Creatinina (mg/dl)	1,1	0,49-0,59	---
Proteínas totais (g/dl)	---	4,5-8,2	5,6-7,6
Albumina (mg/dl)	3,1-3,4	2,7-4,3	3,8-4,8
Alanina Aminotransferase – TGP ou ALT (U/l)	10,0-23,0	13,55-55,5	---
Aspartato aminotrasferase –TGO ou AST (U/l)	43,0-73,0	9,7-147,6	---

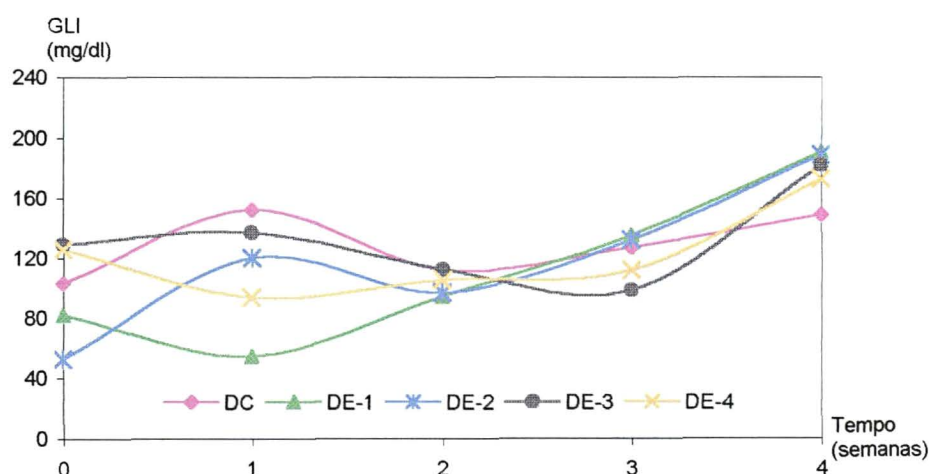
* valores para ratos

Pode-se verificar a ocorrência de uma grande variação entre os valores encontrados na pesquisa bibliográfica. Estes dados serviram de base para analisar os valores obtidos nos experimentos no primeiro e segundo ensaios biológicos.

Os Gráficos 1, 2, 3, 4 e 5 mostram o efeito de cada dieta testada sobre os níveis séricos de glicose, CT, HDL-C, LDL-C e TAG, dos animais experimentais, em função do tempo do experimento.

Ao analisar os níveis de glicose dos ratos, pode-se observar, através do Gráfico 1, que a partir da segunda semana do experimento a glicemia encontra-se em elevação, não havendo, porém, diferença significativa entre as diferentes dietas testadas, indicando que a quantidade de até 12% de semente de linho (3,1% de fibra) foi insuficiente para reduzir os níveis de glicose sérica nos ratos.

GRÁFICO 1 –NÍVEIS SÉRICOS DE GLICOSE (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1(0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho)

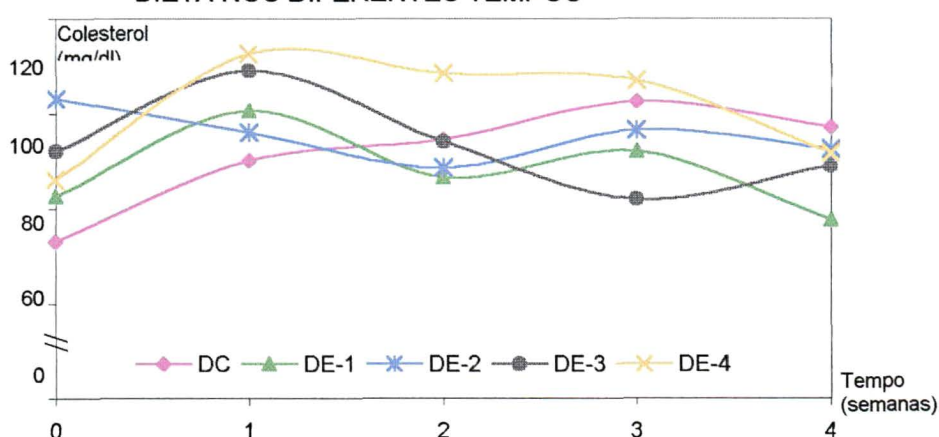
Em relação ao tempo de duração do ensaio biológico, observa-se que houve diferença significativa ($p < 0,05$) dos níveis glicêmicos encontrados no início do estudo (tempo 0) em relação ao tempo 4 (semana 4). Estudos como o de RAY et al. (1983), HAMBERG, RUMESSEN e GUDMAND, (1989) e ODA et al. (1993), CAMERON-SMITH, COLLIER e O'DEA (1994) e FRIAS (1996) mostraram que somente após o 20º dia da utilização de diferentes fontes de fibras na dieta de animais e humanos, os níveis de glicose começaram a declinar.

AREAS (1994) observou que a glicemia medida durante teste de tolerância à glicose, em um ensaio biológico com duração de 120 dias, apresentou redução somente após 60 dias da utilização de diferentes concentrações de polpa de laranja. Assim, espera-se que ao realizar um ensaio biológico com maior tempo de duração (60 dias ou mais), com concentrações mais elevadas da semente de linho, melhores resultados sejam obtidos.

As fibras solúveis, por se hidratarem rapidamente, proporcionam soluções altamente viscosas no trato gastrointestinal, retardando o esvaziamento gástrico de refeições líquidas (TORSODOTTIR et al., 1989) ou sólidas (ANDERSON et al., 1995; HALLFRISCH, SCHOLFIELD e BEHALL, 1995) de carboidratos e, assim, reduzem a resposta glicêmica após uma refeição (JENKINS et al. 1978; HOLT, HEADING e CARTER, 1979; ANDERSON et al., 1995; YUAN et al.; LAJOLO et al., 2001).

Com relação ao nível de CT dos animais alimentados com diferentes concentrações da semente de linho, observa-se, através do Gráfico 2, que os ratos alimentados com as dietas experimentais 1, 2 e 3 apresentaram ligeira redução na taxa de colesterol sérico na segunda semana de experimento (13,0; 7,8 e 18,3%, respectivamente, comparando-se com o tempo 1), embora não significativa, enquanto na dieta controle pode-se observar elevação constante desses níveis desde o início do experimento.

GRÁFICO 2 – NÍVEIS SÉRICOS DE COLESTEROL TOTAL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



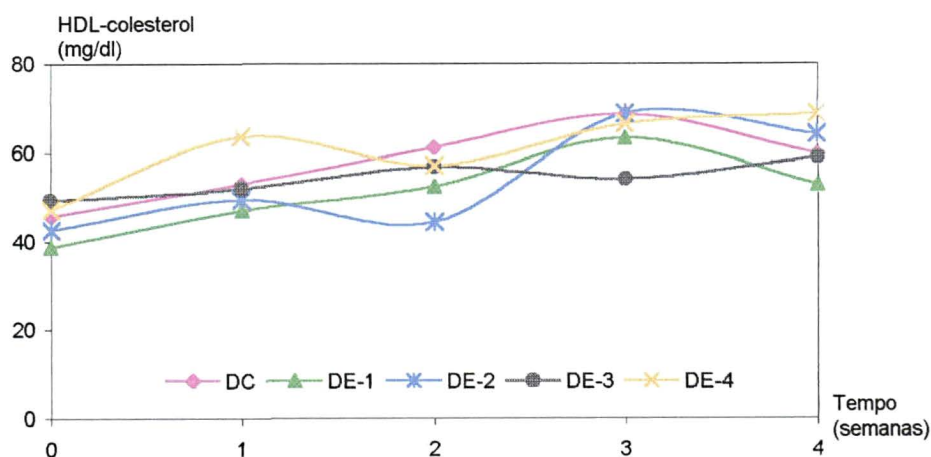
Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho)

Os ratos alimentados com a DE-4 apresentaram, a partir da primeira semana do experimento, níveis mais elevados de colesterol (30,8% maior em relação ao início) com manutenção dos mesmos durante as 3 primeiras semanas de consumo da dieta. Somente no final do ensaio estes níveis decresceram, igualando-se aos valores plasmáticos dos animais das dietas experimentais 1, 2 e 3. Os ratos alimentados com a DC apresentaram elevação, ao final do ensaio, de 32, 8% em relação ao início do experimento.

Ao comparar-se o colesterol sérico dos ratos avaliados no decorrer do estudo (início e fim do ensaio biológico), os mesmos não apresentaram diferença significativa ($p>0,05$) entre os tempos 0 e 4.

Estes resultados mostram que a redução dos níveis de CT dos animais da dieta experimental 4 ocorreu, concomitantemente com a elevação dos níveis de HDL-C (Gráfico 3). Alguns estudos confirmam os resultados aqui descritos, mostrando que algumas fibras solúveis podem elevar, seletivamente o HDL-C (TURNER et al., 1990; UBEROL, VADHERA e SONI, 1992; FRIAS, 1996).

GRÁFICO 3 –NÍVEIS SÉRICOS DE HDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho)

Inúmeros trabalhos relatam uma relação inversa entre o nível de CT e HDL-C e o risco de doenças cardiovasculares (MILLER e MILLER, 1975; GORDON et al., 1977). A concentração elevada de HDL-C plasmático pode exercer um efeito anti-

aterogênico (CAREW et al., 1976). Altos níveis de HDL-C promovem uma remoção mais eficiente do colesterol presente nos tecidos periféricos, principalmente na parede arterial, conduzindo-o ao fígado para catabolismo e excreção. Em contraste, baixos níveis de HDL-C poderiam levar a um acúmulo excessivo do colesterol no tecido (MILLER e MILLER 1975).

Ao analisar os níveis de HDL-C isoladamente, pode-se observar que entre as dietas testadas não houve diferença significativa, porém, observou-se que a partir da terceira semana de experimento, os níveis de HDL-C da dieta controle começaram a declinar, apresentando diferença estatística significativa ($p < 0,05$) em relação às dietas experimentais 2 e 4. FRIAS (1996) observou, em seu trabalho, que os níveis séricos de HDL-C dos animais alimentados com goma guar em diferentes concentrações, começaram a se elevar em relação à dieta controle a partir da terceira semana de ensaio biológico, estando em concordância com os resultados encontrados neste ensaio.

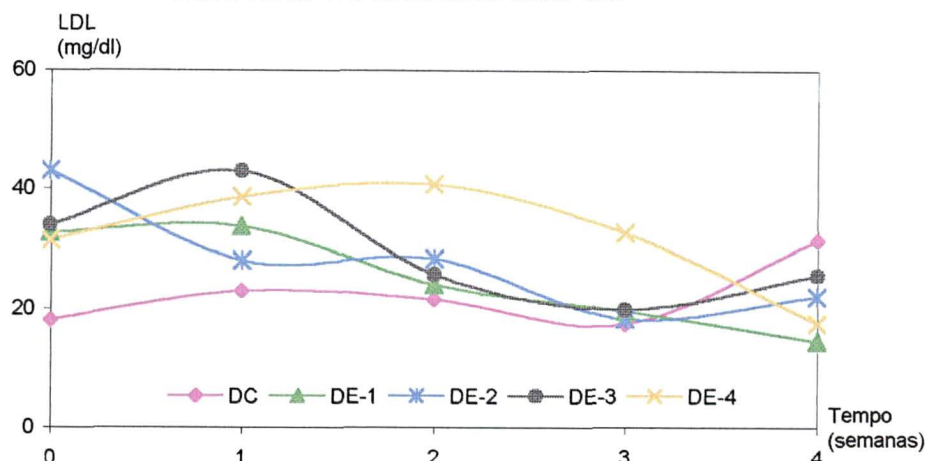
Em um trabalho realizado por SCHNEEMAN e GALLAHER (1986), a taxa de HDL-C não foi afetada, diferindo dos resultados desta pesquisa. KOO e STANTON (1981) verificaram, em ensaios de 6 e 15 semanas de duração, que ratos consumindo dietas com pectina e goma guar apresentaram decréscimo no colesterol sérico total (32 e 36%, respectivamente).

Portanto, com base nestes estudos que enfatizam a importância de altas concentrações de HDL-C como um fator de redução de risco de doenças coronárias, os resultados deste estudo sugerem que a ingestão de semente de linho pode elevar a concentração de HDL-C e reduzir a de CT, indicando ser benéfica quando incluída na dieta de indivíduos hipercolesterolêmicos.

O Gráfico 4 apresenta os níveis séricos de LDL-C dos animais alimentados com a dieta controle e as dietas experimentais.

Pode-se observar que a partir da primeira semana de ensaio, os níveis de LDL-C das dietas experimentais 1, 2 e 3, começaram a cair (27%, 34% e 24%, respectivamente), embora, de forma não significativa ($p > 0,05$), com exceção da dieta experimental 4 onde essa redução começou a ocorrer somente a partir da segunda semana de experimento. Ao final do ensaio, os animais alimentados com a DE-4 apresentaram redução de 44% do LDL-C em relação ao início do experimento.

GRÁFICO 4 – NÍVEIS SÉRICOS DE LDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



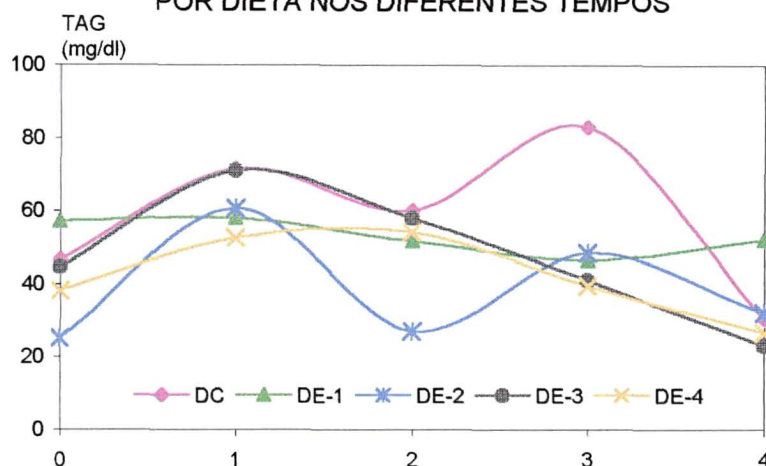
Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho)

Nota-se na dieta controle, que durante todo o experimento os níveis de LDL-C mantêm-se mais baixos, no entanto a partir da quarta semana os níveis de LDL-C dos ratos alimentados com a dieta controle estavam em ascensão, levando-nos a deduzir que se o ensaio fosse prolongado, eventualmente, os valores finais seriam ainda mais elevados (houve aumento de 73% em relação ao início do ensaio). Novamente o tempo (tempo 0 e 1 em relação ao tempo 3 e 4) foi significativo ($p < 0,05$) para produzir mudanças nos níveis séricos de LDL-C.

Alguns estudos confirmam os resultados aqui descritos, mostrando que algumas fibras podem baixar seletivamente o LDL-C (TURNER et al., 1990; FRIAS, 1996).

Quanto à taxa de TAG séricos, o Gráfico 5 mostra que as diferentes concentrações da semente de linho presente nas dietas testadas não foram suficientes para apresentar diferenças significativas nos valores sanguíneos de TAG quando comparadas à dieta controle, contudo, o tempo de duração do ensaio biológico foi um fator determinante para mostrar diferenças significantes nesses valores – tempo 1 em relação ao tempo 4 ($p < 0,05$).

GRÁFICO 5 – NÍVEIS SÉRICOS DE TRIACILGLICERÓIS (mg/dl)
POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho)

Os resultados aqui obtidos estão, em parte, de acordo com aqueles publicados por SARATHY e SARASWATHI (1983) e KRITCHEVSK et al. (1988), os quais verificaram que a ingestão de goma guar proporcionou redução significativa dos níveis de CT, enquanto que os TAG permaneceram inalterados. Entretanto, MAZUR et al. (1990) observaram redução dos níveis de TAG, bem como do colesterol sérico de ratos alimentados com 5% de goma guar.

Na análise dos níveis de TAG devem ser observadas as possíveis interferências pré-analíticas para validar os resultados. O coeficiente de variabilidade biológica (CVb %) para TAG obtido por um estudo de meta-análise de SMITH et al. (1993) foi em média 22,6%. A expressiva variabilidade biológica dos TAG permite que os resultados variem muito entre determinações sucessivas, no mesmo indivíduo, e deve ser levado em conta na interpretação desse ensaio.

Existem situações em que o glicerol livre está em maior concentração, superestimando os níveis de TAG séricos: exercício recente, estresse emocional, doença hepática, diabetes melito, medicação intravenosa contendo glicerol, nutrição parenteral e hemodiálise. Este fato se deve por que, na determinação laboratorial dos TAG, o glicerol obtido na primeira etapa da reação, após a atuação de uma lipase irá participar da segunda etapa, que é a Reação de Trinder, obtendo produto colorido proporcional à quantidade de partículas de TAG.

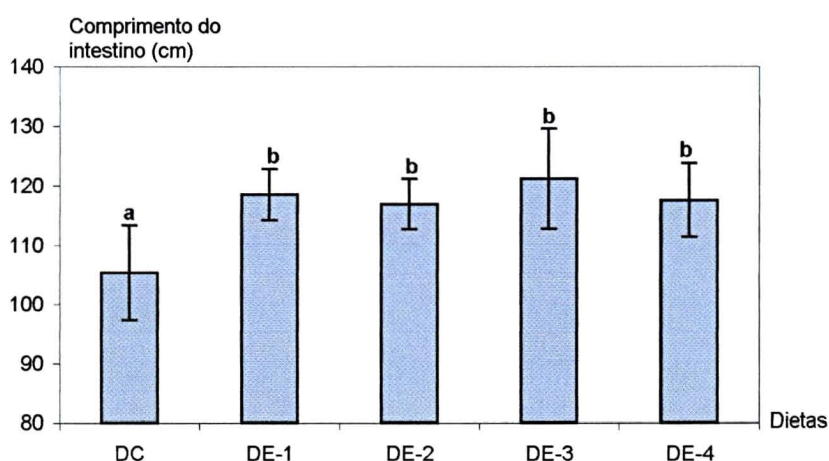
Da mesma maneira, quando o jejum for superior a 14h, os TAG irão aumentar devido à liberação de glicerol no plasma, pela lipólise.

Nestes casos, quando o TAG da fração VLDL-C (estimado por TAG/5) aumenta, ocorre uma redução proporcional nos níveis de LDL-C, estimada pela equação de Friedewald (STEIN e MYERS, 1995; SANTOS et al., 2001).

4.1.3 Tempo de Trânsito Intestinal (TTI)

No Gráfico 6, observa-se o comprimento total dos intestinos dos ratos alimentados com as diferentes dietas.

GRÁFICO 6 – COMPRIMENTO TOTAL DO INTESTINO DELGADO DE RATOS MACHOS “WISTAR” ALIMENTADOS COM DIETAS MARCADAS COM CARVÃO VEGETAL, DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Letras diferentes nas barras representam diferença estatística ($p < 0,05$).

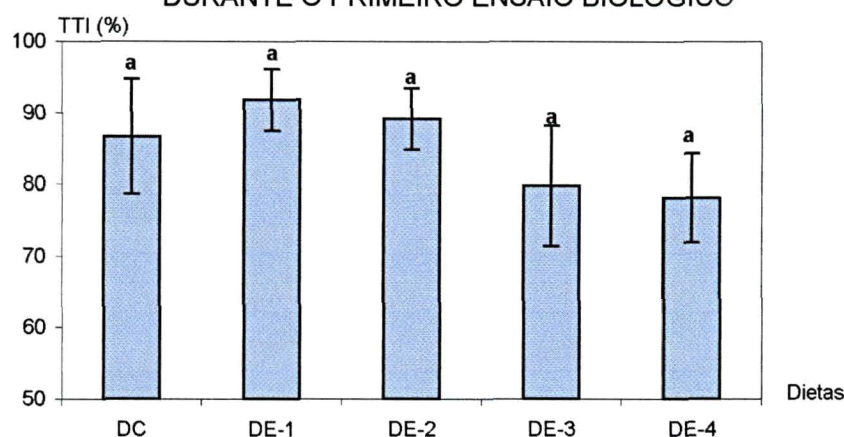
A técnica utilizada neste trabalho para a determinação do efeito da ingestão da semente de linho sobre o trânsito intestinal dos ratos, além de avaliar o percentual de tempo de trânsito, avalia também o comprimento total dos intestinos dos animais. Assim, foi possível avaliar que o comprimento total do intestino da dieta controle é significativamente menor ($p < 0,05$) do que nos demais grupos, embora as diferentes dietas contendo fibras não tenham apresentado diferenças significativas no TTI.

Com relação ao aumento no comprimento do intestino observado nos animais alimentados com a semente de linho (DE-1, DE-2, DE-3 e DE-4) quando comparada com a dieta controle, uma possível explicação seria que a presença de semente de linho no intestino agiria como um estímulo para a secreção de um ou mais hormônios gastrointestinais com atividade trófica. Uma das possibilidades seria a produção da gastrina, que segundo FRIAS (1996), teria um papel particularmente bem estabelecido porque agiria como um estimulante do crescimento do estômago e duodeno, embora sua importância no restante do intestino delgado seja incerta. Outro hormônio identificado como sendo mediador dos efeitos citados seria o enteroglucagon, conhecido como um fator de crescimento da mucosa intestinal, sendo que um dos mediadores para se ativar esse mecanismo hormonal seria a presença dos ácidos graxos de cadeia curta, produzidos durante a fermentação da fibra (JOHNSON, GEE e BROWN, 1988 e LUPTON, CODER e JACOBS, 1988). ROEDIGER (1980), sugere que o ácido butírico, produto da fermentação das fibras seria um importante componente do metabolismo intermediário do epitélio colônico, sendo o principal “combustível” para as células epiteliais, o que promoveria uma hiperplasia da mucosa intestinal, já que a presença de uma grande quantidade de butirato aceleraria a proliferação dessas células.

No Gráfico 7, observa-se uma tendência na redução do tempo de trânsito das dietas estudadas, principalmente as DE-3 e DE-4, embora não significativa em relação as dietas experimentais 1 e 2 e dieta controle.

JENKINS et al. (1978), BIJLANI (1985), ROBERFROID (1993) e FRIAS (1996) observaram uma correlação significativa entre o tempo de trânsito (TT) e a viscosidade de algumas fibras, entre elas, a goma tragacanta, goma guar e pectina que atrasaram o tempo de trânsito, enquanto que a metilcelulose e o farelo de trigo aceleraram o TT.

GRÁFICO 7 –PORCENTAGEM DE TRÂNSITO INTESTINAL DE RATOS MACHOS “WISTAR” ALIMENTADOS COM DIETAS MARCADAS COM CARVÃO VEGETAL, DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO



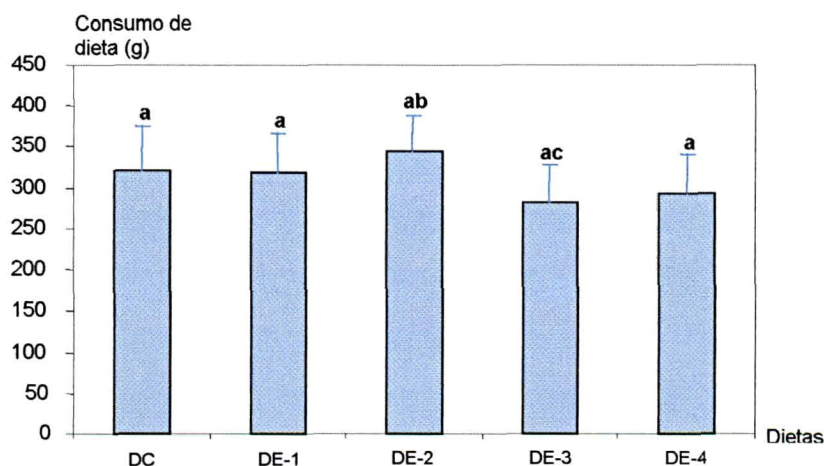
Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Letras iguais nas barras indicam diferença não significativa entre as dietas ($p>0,05$).

4.1.4 Parâmetros Nutricionais

4.1.4.1 Ingestão da dieta

O Gráfico 8 apresenta o consumo total de dieta pelos ratos, durante os 28 dias de ensaio biológico.

GRÁFICO 8 –CONSUMO MÉDIO (g) POR DIETA DURANTE OS 28 DIAS DO EXPERIMENTO



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Letras diferentes nas barras indicam diferença estatística entre as dietas ($p<0,05$).

Pode-se observar que os animais da dieta experimental 3 apresentaram uma menor taxa de ingestão em relação às demais dietas diferindo significativamente da dieta experimental 2 ($p < 0,05$) demonstrando o efeito da fibra sobre a regulação do apetite.

Esperava-se que a dieta experimental 4 mostrasse mais claramente esse efeito, contudo, neste estudo isso não ocorreu. Segundo KROTKIEWSKI (1984), fibras solúveis e muito viscosas podem reduzir o consumo de alimentos devido, principalmente, aos seus efeitos sobre o tempo de esvaziamento gástrico. O aumento da viscosidade dos conteúdos gástricos produzidos pelo caráter hidrofílico de certas fibras faz com que a taxa de esvaziamento gástrico seja mais lenta, aumentando a saciedade e, conseqüentemente, diminuindo a ingestão de alimentos.

A quantidade adequada de fibras alimentares tem importante função na dieta para redução da obesidade por proporcionar redução na ingestão calórica, aumento do tempo de esvaziamento gástrico, diminuição na secreção de insulina, aumento na sensação de saciedade, redução na digestibilidade, redução no gasto energético e aumento na excreção fecal de energia (ROSSNER, 1992).

Ingestão de refeições com altos teores de fibras proporcionam um bolo alimentar de grande volume em relação ao seu valor calórico. No estômago, o alimento deglutido, aumenta ainda mais de volume, dependendo da capacidade de hidratação da fibra presente na refeição (LAJOLO et al., 2001). A taxa de esvaziamento gástrico, determinada pela intensidade das contrações peristálticas do antro estomacal e pelo grau de resistência do piloro, modula a taxa de absorção de nutrientes no intestino delgado.

Outros autores também observaram, em animais e humanos, o efeito da saciedade proporcionado pela ingestão de fibras solúveis de diversas fontes na dieta (SHEARER (1976); HARBER et al., 1977; BOLTON, HEATON e BURROUGHS, 1981; DUNCAN, BACON e WEINSIER, 1983; HYLANDER e ROSSNER, 1983; TATTERSALL e MANSEL, 1990; HOCKADAY, 1990; AREAS, 1994; FRIAS, 1996; AMERICAN..., 1998).

Diversos mecanismos têm sido propostos para explicar o modo pelo qual as fibras alimentares viscosas alteram a taxa de esvaziamento gástrico. A adição de pectina em uma refeição reduz a liberação de gastrina e motilina, hormônios que estimulam a motilidade gástrica ou o aumento da viscosidade inibe a atividade

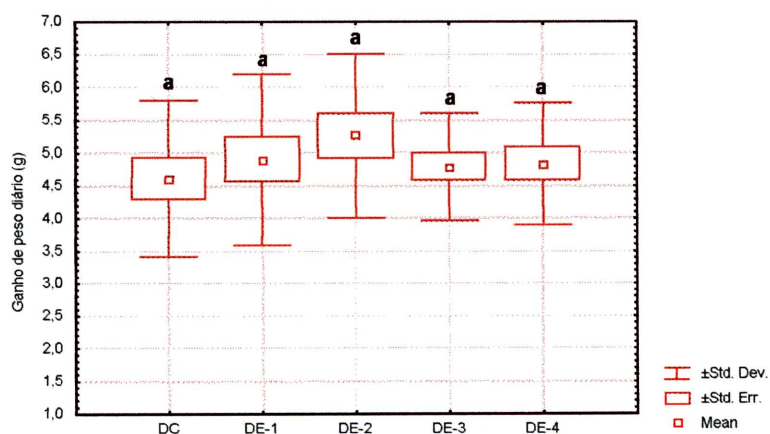
motora do estômago (EHRLEIN e PROVE, 1982). BUENO et al. (1981) observaram que a goma guar aumentou significativamente a frequência de contrações antrais, enquanto que celulose e farelo de trigo, não apresentaram nenhum efeito. EHRLEIN e PROVE (1982) sugeriram que refeições altamente viscosas poderiam sofrer retropropulsão do antro para o fundo gástrico, prejudicando, portanto, o processo de esvaziamento.

4.1.4.2 Ganho de peso corporal

No Gráfico 9, encontra-se o ganho de peso corporal diário dos ratos alimentados com as 4 dietas experimentais e a dieta controle.

A evolução ponderal inicia-se com o peso dos animais no primeiro dia do experimento (dia 0), quando os animais estavam com 22 dias de vida e segue até o 28º dia, quando o ensaio foi encerrado e os animais estavam com 50 dias.

GRÁFICO 9 – GANHO DE PESO (g) POR DIETA DE RATOS MACHOS “WISTAR” DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Letras iguais nas barras indicam diferença não significativa entre as dietas ($p > 0,05$).

Pode-se observar neste gráfico que os animais da dieta controle e das dietas experimentais 1, 3 e 4 apresentaram ganho de peso ligeiramente menor em relação à dieta experimental 2, não sendo diferentes estatisticamente ($p > 0,05$).

AREAS (1994) e FRIAS (1996) verificaram menor ganho de peso corporal quando estudaram, em ratos, uma alimentação com elevado conteúdo de polpa de laranja e goma guar, respectivamente. Pesquisadores como EVANS e MILLER (1975) observaram redução do peso corporal em humanos obesos alimentados com goma guar e metilcelulose. MICKELSEN et al. (1979) ao estudar a metilcelulose e RYTTIG (1990) ao estudar a fibra cítrica verificaram redução de peso nos indivíduos que se submeteram ao estudo.

4.1.4.3 Quociente de eficiência protéica (PER) e quociente de eficiência alimentar (QEA)

O efeito da ingestão da semente de linho sobre o quociente de eficiência protéica e quociente de eficiência alimentar pode ser observado na Tabela 10.

TABELA 10 – QUOCIENTE DE EFICIÊNCIA PROTÉICA OPERACIONAL (PER) E QUOCIENTE DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR (QEA) DE RATOS MACHOS “WISTAR” DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

DIETAS	PER	QEA
DC	2,73 ± 0,343 ^a	0,40 ± 0,05 ^a
DE-1	2,50 ± 0,427 ^a	0,42 ± 0,07 ^a
DE-2	2,48 ± 0,296 ^a	0,44 ± 0,05 ^a
DE-3	2,55 ± 0,381 ^a	0,48 ± 0,07 ^a
DE-4	2,44 ± 0,125 ^a	0,46 ± 0,02 ^a

Valores médios ± desvio padrão de 8 animais por dieta, onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1(0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Valores seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente ($p>0,05$).

Verificou-se que os animais que ingeriram a semente de linho não apresentaram diferenças significativas em relação ao quociente de eficiência protéica (PER) quando comparados com o grupo controle, embora o grupo consumindo a dieta DE-4 tenha apresentado um valor menor de PER (2,44). Quanto ao quociente de eficiência alimentar, observou-se que os animais da dieta controle apresentaram um valor de QEA menor, embora não significativo ($p>0,05$) em relação aos demais grupos de animais.

Portanto, os métodos biológicos de PER e o QEA aqui utilizados para avaliação nutricional dos animais alimentados com as diferentes dietas, mostrou que

as diversas concentrações da semente de linho que foram acrescidas às dietas, não interferiram na utilização protéica e a eficiência alimentar dos animais estudados.

A Tabela 11 demonstra os valores referentes à ingestão de dieta bem como as quantidades de nitrogênio ingerido na dieta e nitrogênio excretado na urina e nas fezes.

TABELA 11 – INGESTÃO DE DIETA E QUANTIDADE DE NITROGÊNIO INGERIDO E EXCRETADO ATRAVÉS DA URINA E FEZES DE RATOS MACHOS “WISTAR”, DURANTE BALANÇO METABÓLICO REALIZADO POR UM PERÍODO DE SETE DIAS, DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

Dietas	Ingestão de dieta (g)	Nitrogênio ingerido (mg)	Nitrogênio urinário (mg)	Nitrogênio fecal (mg)
DC	170,85 ^a ± 34,69	4,04 ^a ± 0,82	0,44 ^a ± 0,18	1,16 ^a ± 0,30
DE-1	179,12 ^a ± 34,24	4,81 ^a ± 0,92	0,67 ^a ± 0,38	2,35 ^a ± 0,47
DE-2	177,17 ^a ± 32,25	5,04 ^a ± 0,92	0,70 ^a ± 0,20	2,97 ^a ± 1,01
DE-3	148,35 ^a ± 23,96	4,45 ^a ± 0,72	0,62 ^a ± 0,21	3,33 ^a ± 0,86
DE-4	152,79 ^a ± 25,71	4,66 ^a ± 0,78	0,75 ^a ± 0,23	3,01 ^a ± 0,69

Valores médios ± desvio padrão de 8 animais por dieta, onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Valores seguidos de mesmas letras não diferem estatisticamente ($p>0,05$).

A ingestão de nitrogênio durante o período de ensaio metabólico foi proporcional ao consumo de dieta, e, embora os animais das dietas experimentais 3 e 4 tenham ingerido uma menor quantidade de dieta e, conseqüentemente, de nitrogênio, verifica-se que esses grupos não diferiram ($p>0,05$) da dieta controle e das dietas experimentais 1 e 2. Com relação a quantidade de nitrogênio urinário e nitrogênio fecal, observa-se que os animais das dietas experimentais apresentaram maior excreção de nitrogênio em relação a dieta controle, porém, não diferiram estatisticamente.

Os efeitos da ingestão da semente de linho sobre a digestibilidade aparente (Da), valor biológico aparente operacional (Vba.op) e quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPU.op) estão apresentados na Tabela 12.

TABELA 12 – DIGESTIBILIDADE APARENTE (Da), VALOR BIOLÓGICO APARENTE OPERACIONAL (Vba op), QUOCIENTE DE UTILIZAÇÃO LÍQUIDA DA PROTEÍNA OPERACIONAL (NPU op) DE RATOS MACHOS “WISTAR” AO FINAL DO ENSAIO METABÓLICO, REALIZADO DURANTE O PRIMEIRO ENSAIO BIOLÓGICO

Dietas	Da (%)	Vba op (%)	NPU op (%)
DC	74,11 ^a ± 8,65	84,65 ^a ± 7,77	62,58 ^a ± 8,24
DE-1	52,91 ^b ± 12,00	74,05 ^a ± 15,70	39,79 ^b ± 12,09
DE-2	44,30 ^b ± 14,66	64,99 ^a ± 16,18	30,51 ^b ± 14,10
DE-3	32,31 ^b ± 27,91	69,01 ^a ± 38,71	18,45 ^b ± 28,20
DE-4	39,35 ^b ± 16,84	52,97 ^a ± 21,93	23,22 ^b ± 15,01

Valores médios ± desvio padrão de 8 animais por dieta, onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1(0,8% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (1,6% de fibra de linho); DE-3= dieta experimental 3 (2,3% de fibra de linho) e DE-4= dieta experimental 4 (3,1% de fibra de linho). Valores seguidos de letras diferentes diferem estatisticamente ($p < 0,05$).

Observou-se que a Da e NPU op. são menores nas dietas experimentais 1, 2, 3 e 4, com diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação a dieta controle, o que significa que a introdução de 6, 9 e 12% de semente de linho interferiu na retenção de nitrogênio pelo organismo dos animais. Optou-se neste trabalho pelo uso cauteloso de pequenas quantidades de fibras, pois previa-se esta ocorrência. Para o Vba op, embora tenha mostrado valores mais baixos nas dietas experimentais 1, 2, 3 e 4, não se observou diferenças estatísticas significativas entre as diferentes dietas estudadas.

O menor ganho de peso observado nos animais que receberam as dietas DE-3 e DE-4, pode ser explicado por problemas de utilização protéica e, também, devido à saciedade precoce proporcionada pela fibra da dieta, o que resultou em perda de apetite e menor ingestão das dietas. Por outro lado, conforme se verificou, este fato não afetou o PER e o QEA, os quais não diferiram significativamente ($p > 0,05$)

Segundo SCHMEEMAN e GALLAHER (1986) em certas fontes não purificadas de fibras tais como farelo de trigo, farelo de aveia ou outros cereais, que são fontes de proteínas, as camadas da parede celular, as quais contêm fibras, podem prevenir a penetração de enzimas digestivas e, conseqüentemente a

proteína associada com a fibra terá menor digestibilidade. Esses autores também verificaram que a tripsina e/ou quimotripsina, duas proteases pancreáticas, podem ser inibidas “in vitro” pela farinha de girassol, celulose, pectina e carragena. Essas duas proteases quando inativas, podem diminuir a digestibilidade protéica.

4.2 SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO

4.2.1 Caracterização das Dietas

4.2.1.1 Composição química

A composição química das dietas está descrita na Tabela 13.

TABELA 13 – COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DAS DIETAS (g/100g)			
COMPONENTES *	DC	DE-1	DE-2
Cinzas	2,21 ± 0,15	3,04 ± 0,03	3,35 ± 0,09
Umidade	7,76 ± 0,04	6,48 ± 0,01	6,76 ± 0,06
Proteínas	12,39 ± 0,54	12,06 ± 0,62	11,84 ± 0,27
Lípideos	27,77 ± 1,33	25,18 ± 4,02	26,95 ± 2,55
Carboidratos (por diferença)	49,87	53,24	51,10

* média de três repetições

Onde: DC = dieta controle; DE-1= dieta experimental 1 e DE-2= dieta experimental 2

O cálculo da quantidade de fibra a ser acrescida às dietas foi feito com base nos valores médios fornecidos pelo distribuidor da semente de linho.

4.2.1.2 Granulometria

A Tabela 14 apresenta os resultados referentes a granulometria das dietas estudadas no segundo ensaio biológico. Ao se observar os resultados obtidos verifica-se que cerca de 51,3% das partículas da dieta controle ficaram retidas entre o coletor e o tamis de 48 mesh, indicando que essa dieta é constituída basicamente de pó fino e semi-fino (partículas menores que 355 e 300 μm). Estes resultados são semelhantes aos resultados encontrados no primeiro ensaio biológico. No entanto, nas DE-1 e DE-2, cerca de 50 e 59,9% das partículas, respectivamente, ficaram retidas, conforme esperado, nos tamises com abertura de 1400 e 1000 μm ,

confirmando que essas dietas são constituídas por pó moderadamente grosso devido à presença da semente de linho nas dietas.

TABELA 14 – GRANULOMETRIA DAS DIETAS ESTUDADAS

Mesh	Abertura Tamis (μm)	DC	DE-1	DE-2
12	1400	12,7	26,6	30,1
16	1000	14,3	23,4	29,8
20	850	2,18	13,5	13,0
28	600	8,4	6,9	3,5
32	500	5,0	9,1	8,5
42	355	6,1	6,3	2,8
48	300	23,1	6,0	2,0
Coletor	---	28,2	8,2	12,3

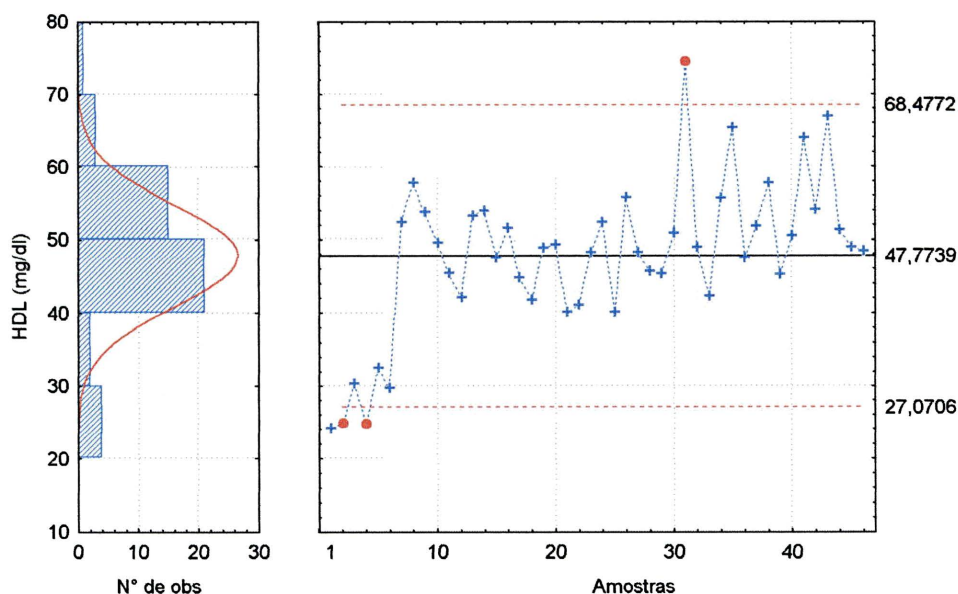
Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1(2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho).

Segundo SCHENEEMAN e GALLAHER (1986) as propriedades físicas das fibras, tais como, tamanho das partículas, viscosidade, capacidade de reter água e formar géis e capacidade de ligar ácidos biliares são importantes fatores sobre a absorção dos nutrientes. Partículas pequenas ligam-se mais facilmente aos ácidos biliares, diminuindo o colesterol plasmático, no entanto, proporcionam menor aumento do volume fecal.

4.2.1.3 Análises bioquímicas

Como citado no item 3.4, utilizou-se o controle estatístico de qualidade com o objetivo de verificar se todos os dados obtidos eram compatíveis com as características populacionais. A Figura 1 ilustra o procedimento, tomando como exemplo a análise de HDL-C dos ratos.

FIGURA 1 – EXEMPLO DE GRÁFICO DE SHEWHART CONTROL CHART REFERENTE AO PARÂMETRO HDL-COLESTEROL



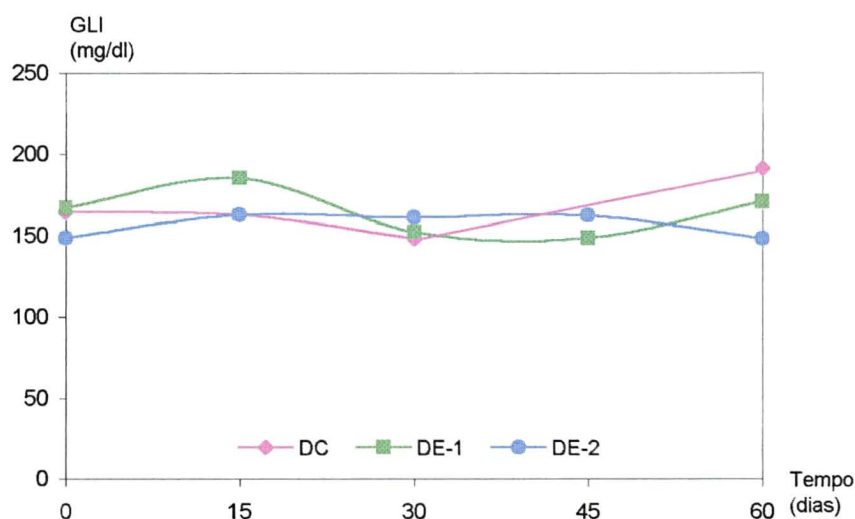
Onde: 47,77 - valor médio; 27,07 - valor mínimo aceitável (limite inferior – média menos 2 desvio-padrão); 68,47 - valor máximo aceitável (limite superior - média menos 2 desvio-padrão)

Segundo os critérios de exclusão do método são incompatíveis os valores superiores a 68,47 ou inferiores a 27,07 mg/dl de HDL-C.

Através dos gráficos 10, 11, 12, 13, 14 e 15, pode-se observar o efeito de cada dieta sobre os níveis séricos de glicose, CT, TAG, HDL-C e LDL-C nos animais experimentais, em função dos 60 dias de experimento.

Avaliando-se os resultados obtidos para a glicose (Gráfico 10), verifica-se nos 3 grupos de ratos, que a glicemia inicial é bastante semelhante. Por volta do 15º dia do consumo das dietas, há uma ligeira elevação da glicemia dos ratos alimentados com a DE-1 (cerca de 10%), sem significância estatística. Ao final do experimento, as glicemias dos ratos alimentados com a DE-2 não apresentaram alterações nos níveis glicêmicos (T0=149 e T4=148 mg/dl), enquanto os ratos alimentados com as DC apresentaram uma tendência na elevação das glicemias (T0= 164 e T4= 191 mg/dl – aumento de 16%). Não foram observadas diferenças significativas entre as 3 dietas testadas.

GRÁFICO 10 – NÍVEIS SÉRICOS DE GLICOSE (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho)

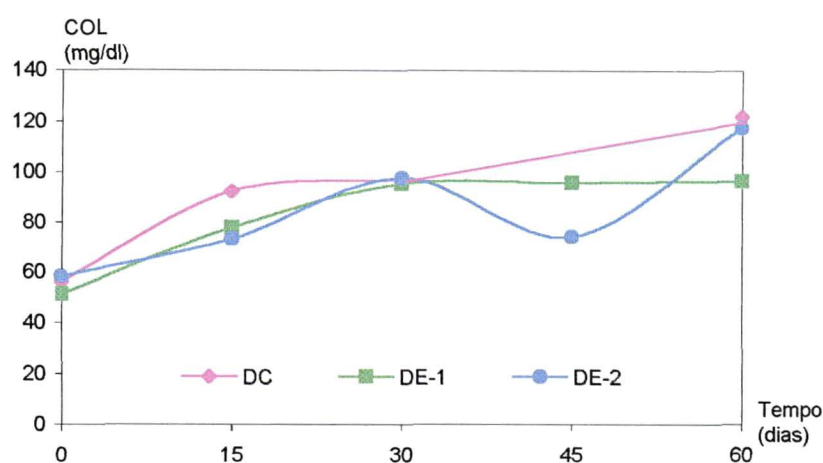
Através desses resultados, pode-se sugerir, portanto, que a DE-1 contendo 2,5% de fibra proporcionou, temporariamente, uma ligeira redução dos níveis de glicose plasmática dos animais experimentais e esse efeito não foi permanente, pois a glicose sérica elevou-se novamente. Nos animais alimentados com a dieta DE-2, contendo 5% de fibra, observa-se uma tendência mais efetiva na redução dos níveis glicêmicos. Estes resultados também foram relatados por FRIAS (1996) em ratos normais alimentados com goma guar por um período de 60 dias.

A tendência à elevação glicêmica também foi observada no primeiro ensaio biológico a partir da segunda semana de experimento e não houve diferenças significativas entre as dietas testadas, embora tenha havido diferença estatística nos níveis glicêmicos encontrados no início e final do experimento, o que não foi observado neste ensaio.

Quanto aos níveis de colesterol plasmático, o Gráfico 11, mostra que os animais alimentados com a DC não apresentaram em nenhum momento do experimento tendência à redução nos níveis de colesterol, estando sempre em ascensão progressiva (T0 = 56 mg/dl e T4 = 122 mg/dl – aumento de 110% em relação ao valor inicial). Entretanto, observou-se que nos animais alimentados com a DE-2, há uma redução nos níveis plasmáticos do colesterol que se torna evidente a

partir do 30º dia da ingestão da semente, com redução de 24,5% no 45º do experimento, porém, ao final do experimento, novamente os valores elevaram-se, sugerindo que a adição de 5% de fibra foi incapaz de manter níveis mais baixos de colesterol (aumento de 102% em relação ao início do ensaio biológico). Nos ratos alimentados com a DE-1 observa-se uma elevação de 90% do CT, ao final do experimento.

GRÁFICO 11 – NÍVEIS SÉRICOS DE COLESTEROL TOTAL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho)

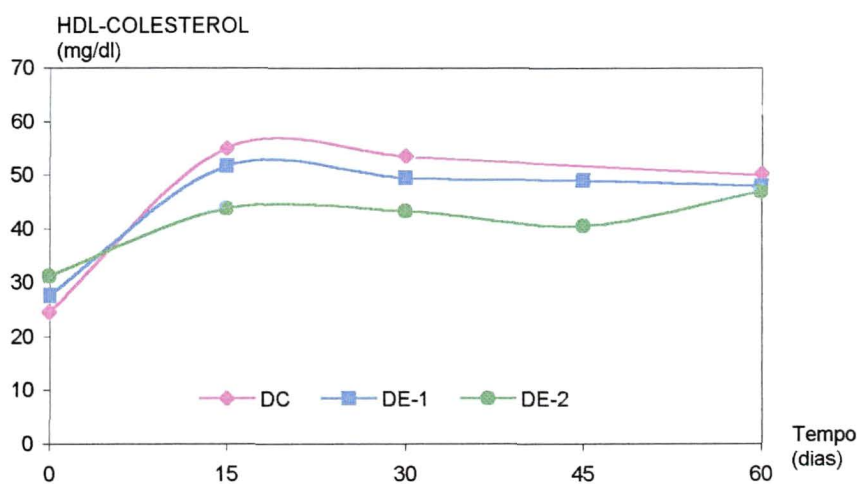
Os resultados obtidos para o CT contradizem os resultados publicados por SARATHY e SARASWASTHI (1983) e KRITCHEVSKY et al. (1988), os quais verificaram que a ingestão de goma guar a 20% proporcionou redução significativa dos níveis séricos de CT em ratos. Entretanto, MAZUR et al. (1990) observaram redução do nível de TAG, bem como de colesterol sérico em ratos alimentados com 5% de goma guar. DURRINGTON et al. (1976), BEHAL, LEE e MOSER (1984) e ILMAN et al. (1991), verificaram, em ratos e humanos, que a ingestão de fibras solúveis reduziu significativamente os níveis de colesterol sérico, o que não foi verificado neste experimento.

Dietas ricas em fibras podem contribuir para a minimização dos problemas cardiovasculares, devido à redução do colesterol plasmático e do LDL-C. As fibras provavelmente interferem no metabolismo dos esteróides, que começa no trato

gastrointestinal. Essa interferência ocorre por serem as fibras pouco digeridas e absorvidas pelo organismo humano, aumentando a excreção fecal de colesterol presente nos ácidos biliares (O'DEA, 1991; TRUSWEL e BEYNEN, 1992).

Ao analisar-se o Gráfico 12, verifica-se que por volta do 15º dia de ensaio biológico, os níveis de HDL-C, aumentaram consideravelmente (cerca de 108%) nas 3 dietas estudadas e permaneceram elevados até o final do experimento não sendo observadas diferenças significativas entre as dietas estudadas.

GRÁFICO 12 – NÍVEIS SÉRICOS DE HDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



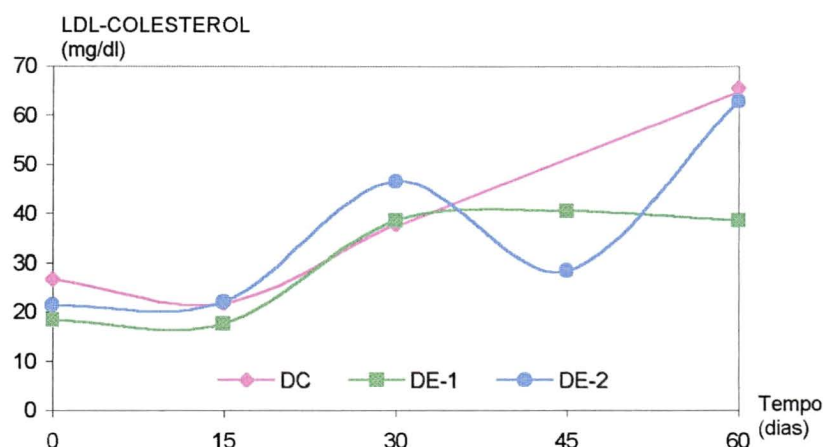
Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho)

FRIAS (1996) observou um aumento significativo nos níveis de HDL-C ao estudar a ingestão de goma guar em ratos. Alguns estudos com aveia mostram reduções favoráveis no quociente de LDL-C/HDL-C (KIRBY et al., 1981) e TURNBULL e LEEDS, 1987), enquanto outros, mostram um aumento, também favorável, do quociente HDL-C/LDL-C (HOAGLAND, 1989) e NISHINA, SCHNEEMAN e FREEDLAND, 1991).

Quanto aos níveis de LDL-C, o Gráfico 13, mostra que, no início do ensaio, há uma tendência, em todos os grupos, de elevação nos níveis de LDL-C, que permanece até o 30º dia de experimento (aumento médio de 88% em relação ao início), quando os ratos alimentados com a DE-2 apresentaram acentuada queda (39,5%, T4 em relação ao T3) nos valores de LDL-C, embora não significativa. Esta

queda, entretanto, não foi mantida, e os valores voltaram a elevar-se a partir do 45º dia de experimento, finalizando o experimento com um aumento do seu valor de cerca de 195% em relação ao início, o que ocorreu inversamente com os ratos alimentados com a DE-1, ou seja, o LDL-C, inicia com ascensão progressiva e, por volta do 45º de ensaio biológico, seus valores se estabilizam, mantendo-se, assim, até o 60º dia, apresentando 113% de aumento em relação ao início do ensaio biológico. Os ratos alimentados com a DC apresentaram cerca de 151% de aumento em relação ao início do ensaio biológico.

GRÁFICO 13 – NÍVEIS SÉRICOS DE LDL-COLESTEROL (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



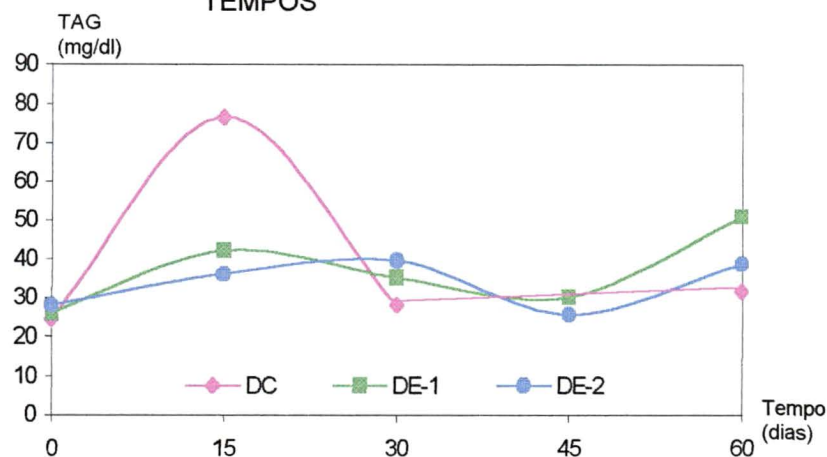
Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho)

FRIAS (1996) relata resultados que se assemelham a estes, ao alimentar ratos com goma guar por 60 dias. Os níveis de LDL-C começaram a declinar por volta do 30º dia de ensaio, e elevaram-se a partir daí. Somente os ratos alimentados com altas concentrações da goma guar (15 e 20%), foram capazes de manter a redução desses valores.

No gráfico 14, pode-se observar que no início do experimento houve uma tendência da DC em elevar os TAG dos ratos alimentados com esta dieta, porém, com o passar do tempo, houve uma redução e manutenção desses valores até o final do ensaio, não diferindo significativamente das demais dietas testadas (DE-1 e DE-2), como se esperava. Essa grande variabilidade dos TAG na DC é semelhante

ao primeiro ensaio biológico e se justifica porque em algumas situações, o glicerol livre está em maior concentração, superestimando os níveis de TAG séricos.

GRÁFICO 14 – NÍVEIS SÉRICOS DE TRIACILGLICERÓIS (mg/dl) POR DIETA NOS DIFERENTES TEMPOS



Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho)

Os resultados aqui encontrados são citados também em muitos outros estudos, onde a mudança dos níveis de TAG parece não ocorrer de forma significativa (VAHOUNY et al., 1978; KRITCHEVSKY et al., 1988).

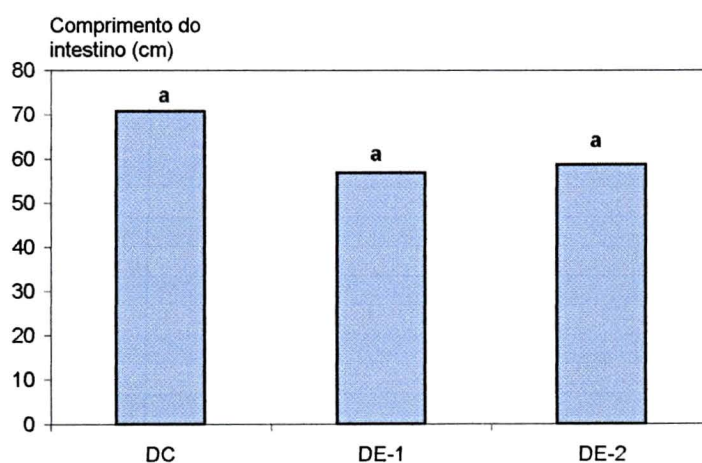
CUNNANE et al. (1995), ao estudar o consumo, em adultos jovens saudáveis, de “muffins”, feitos com semente de linho, observou redução significativa nos níveis de TAG ao longo do estudo que teve duração de 4 semanas. Contudo, ARO et al. (1981) e JUDD e TRUSWELL (1982), trabalhando com goma guar e pectina, respectivamente, verificaram um aumento na taxa de TAG plasmático em humanos, embora o nível de colesterol tivesse diminuído.

Apesar dos muitos experimentos controversos da literatura, da utilização da semente de linho, em ratos e humanos, o consumo de alimentos ricos em ácidos graxos poliinsaturados pode reduzir os níveis de TAG plasmáticos pela inibição da secreção hepática de VLDL (GIANNINI, 1998 e FUENTES, 1998). Os poliinsaturados também diminuem a produção da apolipoproteína B no fígado, a qual é fundamental para a secreção das VLDL (LOTTEMBERG, 1992).

4.2.2 Tempo de Trânsito Intestinal

No gráfico 15 estão apresentados os resultados da dieta sobre o tempo de trânsito dos animais. Não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) entre as diferentes dietas estudadas, embora, nos grupos de animais que consumiram as dietas experimentais 1 e 2, houve uma tendência na redução do tempo de trânsito, causada provavelmente pela viscosidade da dieta proporcionada pela adição das fibras, principalmente, as fibras solúveis provenientes da semente do linho.

GRÁFICO 15 – PORCENTAGEM DE TRÂNSITO INTESTINAL DE RATOS MACHOS “WISTAR” ALIMENTADOS COM DIETAS MARCADAS COM CARVÃO VEGETAL, DURANTE O SEGUNDO ENSAIO BIOLÓGICO

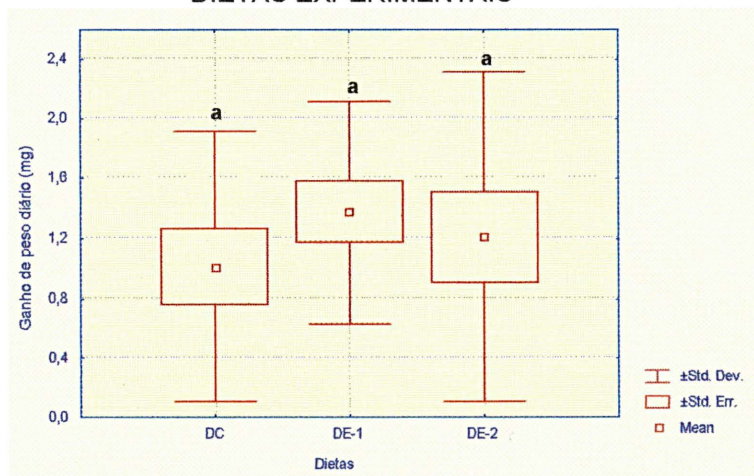


Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho). Letras iguais nas barras indicam diferença não significativa entre as dietas ($p>0,05$).

4.2.3 Parâmetros Nutricionais

No gráfico 16, encontram-se os dados referentes ao ganho de peso corporal diário dos ratos.

GRÁFICO 16 – COMPARAÇÃO ENTRE O GANHO DE PESO CORPORAL DIÁRIO (g) PARA CADA AS DIETAS EXPERIMENTAIS



Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho). Letras iguais nas barras indicam diferença não significativa entre as dietas ($p > 0,05$).

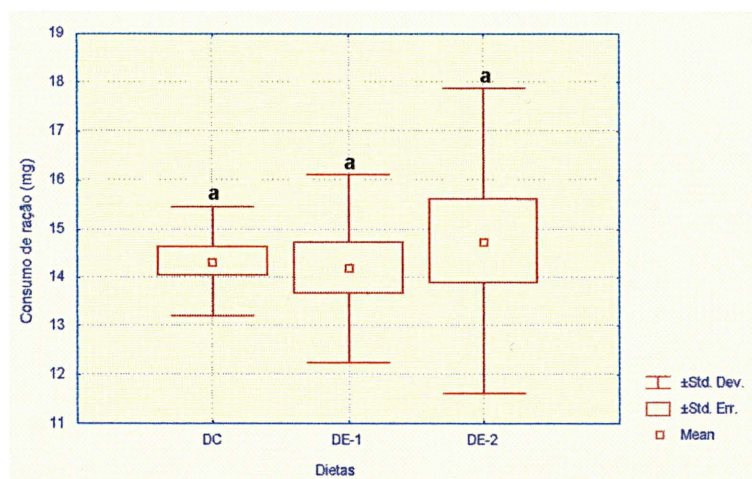
Pode-se notar que a inclusão de semente de linho, por 60 dias consecutivos, na dieta dos animais estudados proporcionou ganho de peso similar nos 3 grupos (DC, DE-1 e DE-2). A quantidade de fibras presentes nas dietas estudadas foi insuficiente para produzir efeitos deletérios no peso dos animais.

Diferentes resultados foram relatados nos ensaios biológicos realizados por AREAS (1994) ao alimentar ratos com polpa de laranja, onde os animais que ingeriram uma dieta com cerca de 20% de polpa de laranja como fonte de fibra, obtiveram ganho de peso inferior ao grupo que não ingeriu nenhuma fonte de fibra.

MICKELSEN et al. (1979), KROTKIEWSKI (1984), KROTKIEWSKI e SMITH (1985) e ROSSNER (1992) verificaram redução do peso corporal em indivíduos alimentados com celulose, goma guar e farelo de trigo, respectivamente. RYTTIG (1990) também verificou que a suplementação de uma combinação de fibra cítrica solúvel purificada (pectina) e insolúvel (cereais), proporcionou redução do peso corporal em humanos. Resultados semelhantes também foram obtidos por MONGEAU et al. (1989) e DAVIES, BROWN e LIVESEY (1991), os quais verificaram redução de peso corporal em ratos alimentados com altas concentrações de alimentos ricos em fibra solúvel e insolúvel e fibras purificadas (pectina e celulose), respectivamente.

O gráfico 17 apresenta o consumo médio diário de dieta dos grupos estudados.

GRÁFICO 17 – CONSUMO DIÁRIO DE RAÇÃO (g) PARA AS DIFERENTES DIETAS



Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho). Letras iguais nas barras indicam diferença não significativa entre as dietas ($p > 0,05$).

Pode-se observar neste gráfico que o grupo controle apresentou menor ingestão de dieta, embora não significativa estatisticamente ($p > 0,05$), na ingestão de dieta em relação às DE-1 e DE-2. O grupo que consumiu a DE-2 mostrou maior hiperfagia, com conseqüente maior consumo de dieta (não significativo), em relação aos demais grupos estudados, sugerindo que a adição da semente de linho usualmente na dieta, é viável do ponto de vista da palatibilidade sem, contudo, promover saciedade precoce. Esperava-se que a adição de quantidades mais elevadas de semente de linho nas dietas dos ratos levasse a um menor consumo das mesmas em função da saciedade proporcionada pela fibra adicionada, o que não foi verificado neste estudo. Por outro lado, não há estudos mostrando a partir de que níveis de inclusão de fibras este efeito ocorreria.

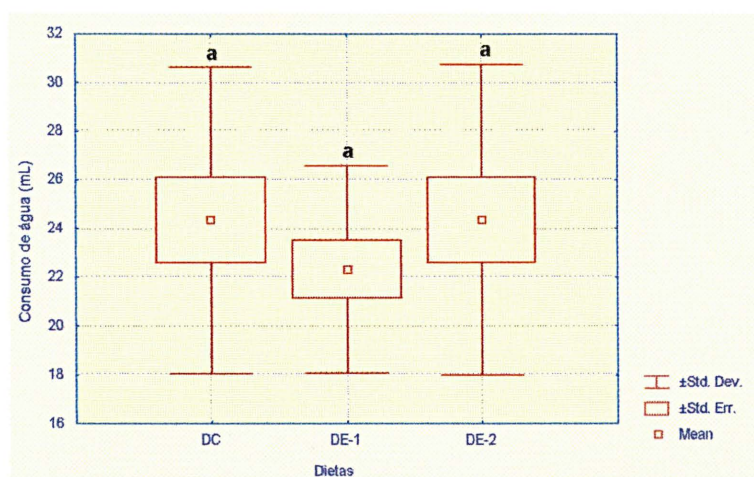
Aparentemente, os resultados aqui verificados contradizem aos encontrados na literatura, os quais relatam aumento da saciedade e redução da ingestão alimentar conseqüentes à ingestão de diversas fontes de fibras na dieta (HABER et al., 1977; DURRANT e ROYSTON, 1979; DUNCAN, BACON e WEINSIER, 1983; HYLANDER e ROSSNER, 1983; KROTKIEWSKI, 1984; ANDERSON e TIETYEN-CLARK, 1986;

SCHNEEMAN e GALLAHER, 1986; BURLEY, LEEDS e BLUNDEL, 1987; TATTERSALL e MANSELL, 1990; HOCKADAY, 1990; AREAS, 1994; FRIAS, 1996; AMERICAN..., 1997 e LAJOLO et al., 2001).

SHEARER (1976) e BOLTON, HEATON e BURROUGHS (1981) observaram, em humanos, aumento da saciedade e redução da ingestão alimentar conseqüentes à ingestão de laranjas inteiras (sem casca) ou de suco de laranjas.

O Gráfico 18 representa o consumo diário de água pelos animais do experimento. Não se observaram diferenças significativas na ingestão total de água pelos animais nos diferentes grupos.

GRÁFICO 18 – CONSUMO DIÁRIO DE ÁGUA (ml) PARA AS DIFERENTES DIETAS



Onde: DC= dieta controle (0% fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho). Letras iguais nas barras indicam diferença não significativa entre as dietas ($p > 0,05$).

AREAS (1994) e FRIAS (1996), encontraram resultados semelhantes em seus experimentos, ao introduzir polpa de laranja e goma guar, respectivamente, na dieta de ratos normais, alimentados por 60 dias.

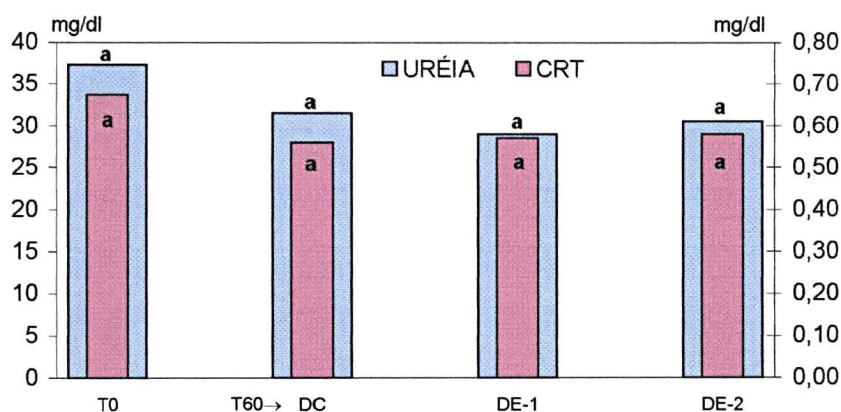
Os Gráficos 19, 20 e 21 demonstram os parâmetros analisados para o acompanhamento da função renal, hepática e estado nutricional dos ratos alimentados com as diferentes dietas, ao longo de 60 dias de ensaio biológico.

A uréia e a creatinina plasmáticas, são substâncias cujas concentrações fornecem uma idéia aproximada sobre a filtração glomerular.

Ao observar o Gráfico 19 nota-se que ao final do ensaio biológico (após 60 dias do consumo das dietas), os níveis de uréia e creatinina se mantiveram constantes, não havendo diferença estatística significativa entre os 3 grupos de dietas testadas ($p>0,05$), sugerindo que concentrações de 5% de fibra proveniente da semente de linho adicionadas às dietas dos ratos não produziram alterações protéicas em relação aos animais alimentados com a dieta controle.

A uréia provém do metabolismo das proteínas e a excreção total depende da ingestão protéica e da função renal. Se a ingestão protéica for baixa, há uma redução nos níveis plasmáticos (GUIMARÃES e GUERRA, 1983).

GRÁFICO 19 – NÍVEIS DE URÉIA E CREATININA (CRT) PARA AS DIFERENTES DIETAS



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho). T0 = início do experimento e T60= final do experimento (após 60 dias). Letras iguais nas barras, para um mesmo parâmetro, indicam diferença não significativa entre as dietas ($p>0,05$).

A uréia no sangue deriva da degradação das proteínas, originárias primariamente da dieta. Na medida em que se degradam as proteínas dos alimentos, as bactérias intestinais geram amônia que rapidamente entra na circulação porta e é normalmente transformada em uréia. Níveis um pouco mais baixos que o normal podem ser resultado de dieta pobre em proteínas ou expansão do volume plasmático. Níveis extremamente baixos podem ser um achado importante nas hepatopatias graves, significando que o fígado é incapaz de sintetizar a uréia a partir da amônia na circulação (SACHER e McPHERSON, 2000).

Os músculos encerram 87% da creatina total do organismo, onde uma alteração destrutiva ou inflamatória dos mesmos, leva a um aumento da creatinina sérica e conseqüentemente um aumento de sua excreção urinária.

A creatinina é mais estável porque depende exclusivamente da massa muscular, de onde provém e da função renal. Como o tecido muscular não se altera, a não ser a longo prazo, sua concentração plasmática é um bom reflexo da função renal. A creatina é encontrada principalmente no músculo esquelético onde está envolvida na reserva de energia como creatina fosfato. A quantidade de creatinina gerada por um indivíduo é proporcional à massa muscular esquelética presente (GUIMARÃES e GUERRA, 1983).

A renovação normal da creatina nos músculos é seguida pela conversão em creatinina, que é o produto final do metabolismo da creatina. Dessa forma, a dieta não exerce absolutamente nenhum efeito sobre as concentrações séricas de creatinina (SACHER e McPHERSON, 2000).

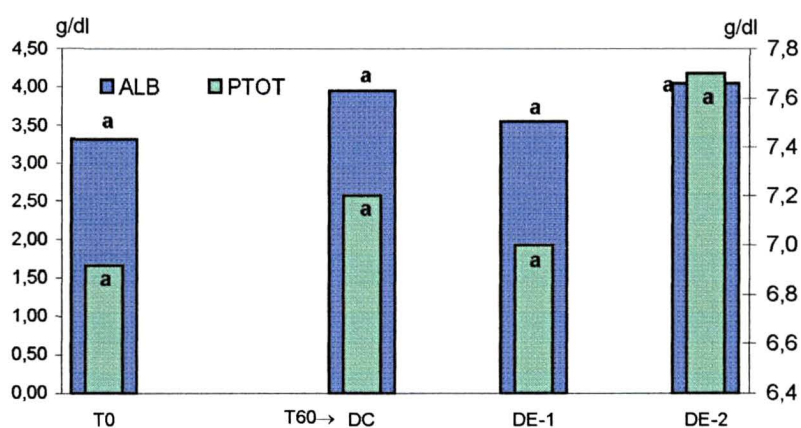
AREAS (1994), em um estudo semelhante a este, avaliou os teores de nitrogênio muscular em ratos normais alimentados com polpa de laranja e verificou que apesar de uma menor utilização da proteína ingerida pelo grupo composto por fibra a 10% e, principalmente, fibra a 25%, as mesmas não foram suficientes para induzir alterações estatisticamente significativas nos teores de nitrogênio muscular. Nos ratos diabéticos estudados por ele, o grupo que não consumiu fibra teve redução significativa do nitrogênio total, como resultado, provavelmente, do aumento do catabolismo protéico, enquanto que os animais que consumiram a polpa de laranja apresentaram maior utilização da proteína ingerida, como também, redução do catabolismo protéico muscular.

Através da análise do Gráfico 20, observa-se que, ao final do experimento, os níveis de albumina e proteína não foram diferentes, e os resultados não apresentaram diferença estatística ($p>0,05$). Isto demonstra que as quantidades de fibras e proteína adicionadas às dietas, não interferiram na manutenção do estado nutricional dos ratos, ao longo de 60 dias e que o fígado foi capaz de sintetizar níveis adequados de proteína.

Poucos são os estudos que procuram verificar a ação das fibras sobre o metabolismo das proteínas. GALLAHER e SCHNEEMAN (1986) verificaram, que em humanos, embora certas fibras aumentassem a excreção fecal de nitrogênio, o

balanço global de nitrogênio permanecia positivo e concluíram que, se o consumo de proteína for adequado e se fontes protéicas de alta qualidade forem disponíveis, o balanço de nitrogênio não será comprometido pela presença de fibra na dieta.

GRÁFICO 20– NÍVEIS DE PROTEÍNAS TOTAIS E ALBUMINA PARA AS DIFERENTES DIETAS



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (2,5% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (5% de fibra de linho). T0 = início do experimento e T60= final do experimento (após 60 dias). Letras iguais nas barras, para um mesmo parâmetro, indicam diferença não significativa entre as dietas ($p>0,05$).

SANDBERG et al (1983) verificaram que a introdução de pectina (polissacarídeo viscoso) na dieta humana interferiu na digestão e absorção das proteínas.

Os níveis de albumina são afetados por vários mecanismos diferentes causando a hipoalbuminemia. Provavelmente a causa mais comum seja uma redução na produção de albumina sintetizada no fígado. Quando o fígado está comprometido por alguma patologia, a capacidade de síntese protéica das células do parênquima hepático pode ser drasticamente reduzida. Para que possa ocorrer a síntese e liberação abundantes de albumina, deve haver um consumo adequado de proteínas na dieta e outros nutrientes essenciais. Além da função fisiológica de suprir a pressão oncótica, a albumina também atua como um reservatório circulante de aminoácidos que, se não incorporados a uma proteína de alto peso molecular, seriam rapidamente eliminados na urina. Nessa sua capacidade como reservatório de aminoácidos, a albumina é um indicador do estado nutricional. Assim, reduções

no conteúdo protéico da dieta se refletem nos níveis séricos de albumina e concentrações muito baixas podem ser encontradas na inanição como resultado da desnutrição ou má-absorção. A má absorção leva à desnutrição pela falência da superfície absorptiva intestinal ou pela incapacidade de secreção das enzimas pancreáticas. As concentrações séricas de albumina declinam regularmente quando dano hepatocelular tem duração superior de 3 semanas, depois da albumina do sangue circulante ter sido substancialmente eliminada do organismo (SACHER e McPHERSON, 2000).

As dosagens de AST e ALT permitiram avaliar a hepatotoxicidade causada pelas dietas experimentais durante o experimento, auxiliando na detecção e diagnóstico de uma doença aguda. O estudo das aminotransferases nos ratos está apresentado no Gráfico 21. Analisando-se a alanina aminotransferase (ALT) não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ao longo do tempo de consumo das dietas estudadas.

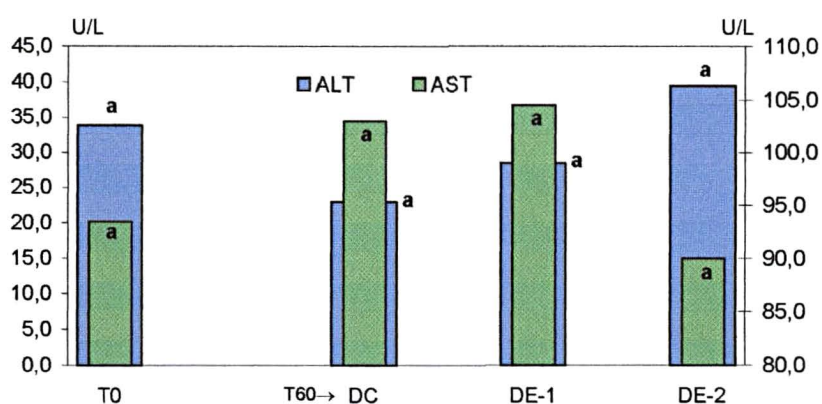
O aumento pronunciado de AST (5 vezes mais que o valor normal), sugere dano hepatocelular agudo, infarto do miocárdio, colapso circulatório (choque) ou pancreatite aguda. O aumento moderado (3-5 vezes o valor normal), pode ser indicação de obstrução do trato biliar, arritmias cardíacas, insuficiência cardíaca congestiva, tumor hepático primário metastático ou distrofia muscular. O aumento discreto (até 3 vezes o valor normal), sugere a ocorrência de pericardite, cirrose, infarto pulmonar, *delirium tremens* ou acidente vascular cerebral (SACHER & McPHERSON, 2000).

As duas enzimas frequentemente associadas com o dano hepatocelular são as aminotransferases que catalisam a transferência reversível de um grupamento amina entre um aminoácido e um α -cetoácido. Essa função é essencial para a produção dos aminoácidos funcionais necessários para a síntese protéica no fígado. A aspartato aminotransferase (AST) é responsável por esta reação entre os aminoácidos aspártico e α -cetoglutâmico e anteriormente era denominada de “transaminase glutâmico-oxaloacética (GOT)”.

A alanina aminotransferase (ALT) transfere um grupo amina entre a alanina e o ácido α -cetoglutâmico e anteriormente era chamada de “transaminase glutâmico-pirúvica (GPT)”.

Ambas as enzimas, estão amplamente distribuídas no organismo, mas são particularmente abundantes no fígado, devido ao papel fundamental desse órgão na síntese protéica e no redirecionamento dos aminoácidos para outras vias bioquímicas. A ALT possui uma especificidade relativamente elevada para dano hepático. Ambas são excelentes indicadores do dano hepático (SACHER & McPHERSON, 2000).

GRÁFICO 21 – NÍVEIS DE AST E ALT PARA AS DIFERENTES DIETAS



Onde: DC= dieta controle (0% de fibra de linho); DE-1= dieta experimental 1 (4% de fibra de linho); DE-2= dieta experimental 2 (8% de fibra de linho). T0 = início do experimento e T60= final do experimento (após 60 dias). Letras iguais nas barras, para um mesmo parâmetro, indicam diferença não significativa entre as dietas ($p>0,05$).

Avaliando-se separadamente cada uma das dietas, estas não apresentaram diferenças significativas, portanto não causaram alterações na síntese de aminoácidos no fígado. Os valores encontrados concordam com os valores descritos na literatura para estes animais (Tabela 9).

Avaliando-se de maneira global, conclui-se que todas as dietas são iguais para todos os parâmetros avaliados, ou seja, uréia, creatinina, proteínas totais e albumina, AST e ALT, sugerindo que, as dietas por si só não foram capazes de produzir alterações significativas nas funções fisiológicas dos órgãos estudados.

5 CONCLUSÕES

Do presente estudo pode-se obter as seguintes conclusões:

- A presença de semente de linho nas dietas dos ratos machos “Wistar” promoveu:
 - Aumento dos níveis séricos de glicose com diferença estatística no final do primeiro ensaio e manutenção dos mesmos no segundo ensaio biológico;
 - Manutenção dos níveis de CT no decorrer do tempo no primeiro ensaio e elevação no decorrer do segundo ensaio;
 - Aumento dos níveis de HDL-C nos dois ensaios biológicos;
 - Tendência à queda nos níveis de LDL-C ao final do primeiro ensaio e elevação no decorrer do tempo no segundo ensaio biológico;
 - Grande variabilidade nos níveis de TAG no primeiro ensaio e manutenção dos mesmos no segundo ensaio biológico;
 - Tendência na redução do tempo de trânsito e aumento no comprimento total do intestino dos animais do primeiro ensaio biológico;
 - Similar ganho de peso dos animais estudados para todas as dietas;
 - Palatabilidade às dietas, verificado pela ingestão adequada das dietas;
 - Significativa diminuição no consumo médio da dieta causada pela saciedade da fibra pelos ratos do primeiro ensaio, quando se utilizou 9% de semente de linho (2,3% de fibra);

- Adequada utilização protéica (PER) e eficiência alimentar (QEA) nos animais estudados, bem como, adequado balanço de nitrogênio;
 - Significativa interferência na retenção de nitrogênio pelo organismo dos animais em crescimento do primeiro ensaio, demonstrado pela menor digestibilidade aparente (Da) e menor quociente de utilização líquida da proteína operacional (NPUop.) sem contudo afetar o valor biológico operacional (Vbop);
 - Adequados níveis sanguíneos de uréia, creatinina, proteínas totais e albumina, assim como de aspartato e alanina aminotransferases para as diferentes dietas estudadas no segundo ensaio biológico.
- Há a necessidade de investigações complementares, utilizando-se para tanto, um número maior de ratos por grupos de dietas a serem estudadas e com concentrações mais elevadas de semente de linho, bem como a realização de um ensaio com humanos.

6 REFERÊNCIAS

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Health implications of dietary fiber: 1997. **Journal of the American Dietetic Association**, 93 (12): 1446-1447, 1997.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Nutrition recommendations and principles for people with diabetes mellitus. **Diabetes Care**, v. 17, n. 5, p. 519-522, 1998.

ANDERSON, J. W.; O'NEAL, S.; RIDDELL-MASON, S.; FLOORE, T. L. DILLON, D. W.; OETGEN, P. R. Postprandial serum glucose, insulin and lipoprotein responses to high and low-fiber diets. **Metabolism**, v.44, p.948-954, 1995.

ANDERSON, J.W.; TIETJEN-CLARK, J. Dietary fiber: hyperlipidemia, hypertension and coronary heart disease. **American Journal Gastroenterology**, v.81, p.907-919, 1986.

AOAC. **Official methods of analysis**. 12 ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

AREAS, M. A. **Estudo dos efeitos da polpa de laranja sobre parâmetros fisiológicos, nutricionais, bioquímicos e morfológicos em ratos normais e diabéticos**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1994.

ARO, A.; UUSITUPA, M.; VOUTILAINEN, E.; HERSIO, K.; KORHONEN, T.; SIITONEN, O. Improved diabetic control and hypercholesterolaemic effect induced by long-term dietary supplementation with guar gum in type 2 (insulin-independent) diabetes. **Diabetologia**, v.21, p.29-31, 1981.

ASP, N.G.; BJORCK, I. ; NYMAN, M. Physiological effects of cereal dietary fibre. **Carbohydrate Polymers**, v.21, n. 2, p. 183-187, 1983.

BEHALL, K. M.; LEE, K. H.; MOSER, P. B. Blood lipids and lipoproteins in adult men fed four refined fibers. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.39, p.209, 1984.

BENNETT, M. **The flaxseed revolution – Natural source of ômega-3, lignans and fiber**. 1st ed. Vista, CA: Optimal HealthspanTM Publications, 1998.

BEZANGER-BEAUQUESNE, L.; PINKAS, M.; TROTIN, F. **Plants Medicinales de las regiones Templadas**. Paris, 1980.

BEZANGER-BEAUQUESNE, L.; PINKAS, M.; TORCK, M. **Las Plants in la Terapéutica Moderna**. 2 ed, Paris, 1986.

BIANCHI, G.; FERRETI, P.; RECCHIA, M.; ROCCHETTI, M. TAVANI, A.; MANARA, L. Morphine tissue levels and reduction of gastrointestinal transits in rats. **Gastroenterology**, v.85, n.4, p.852-858, 1983.

BIERENBAUM, M. L.; REICHSTEIN, R.; WATKINS, T. R. Reducing Atherogenic Risk in Hyperlipemic Humans with Flax Seed Supplementation: A Preliminary Report. **Journal of the American College as Nutrition**, v.12. n.5, p.501-504, 1993.

BIJLANI, R. L. Dietary fibre: consensus and controversy. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.9, p.343-393, 1985.

BOLTON, R. P.; HEATON, K. W.; BURROUGHS, L. F. The role of dietary fiber in satiety, glucose and insulin: studies with fruit and juice fruit. **American Journal Clinical Nutrition**, v.34, p.211-217, 1981.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Abordagem nutricional em diabetes mellitus**. 2000.

BRODRIBB, J. N. Dietary fiber in diverticular disease of the colon. IN: SPILLER, G. A. e KAY, R. M., **Medical Aspects of Dietary Fiber**. New York: Plenum Press, 1980.

BUENO, L.; PRADDAUBE, F. FIORAMONTI, J.; RUCKEBUSCH, Y. Effect of dietary fiber on gastrointestinal motility and jejunal transit time in dogs. **Gastroenterology**, v. 80, p.701-707, 1981.

BURKITT, D. P. Some diseases characteristic of modern western societies. **British Medical Journal**, v. 1, p.274-278, 1973.

BURLEY, V.J.; LEEDS, A., R.; BLUNDELL, J.E. The effects of high and low fibre breakfasts on hunger, satiety and food intake in a subsequent meal. **International Journal Obesity**, v. 11, p.87-93, 1987.

CÂNDIDO, L., M., B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos para fins especiais: dietéticos**. São Paulo: Varela, 1996, 423p.

CÂNDIDO, L., M., B. **Obtenção de concentrados e hidrolisados protéicos de Tilápia do Nilo (*Oreochromus niloticus*): composição, propriedades nutritivas e funcionais**. Campinas, 1998. 217p. Tese. Universidade de Campinas – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

CAMERON-SMITH, D.; COLLIER, G. R.; O'DEA, K. Effect of soluble dietary fibre on the viscosity of gastrointestinal contents and the acute glycaemic response in the rat. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 71, n. 4, p.563-571, 1994.

CARDENAS, V.M.A.; ROSSI, L.E.U. **Effect hipolipemiant y elaboracion de formas farmacêuticas de las fraciones hidrosoluble y oleosoluble de las semillas de *Linim Usitatissimun*. L. Linaza**. Arequipa-Peru, 2002. Tesis (Programa Profesional de Farmacia y Bioquímica) – Universidade Catolica de Santa Maria.

CAREW, T. E.; KOSCHINSKY, T.; HAYES, S. B.; STEINBERG, D. Mechanism by which high density lipoprotein may slow the atherogenic process. **The Lancet**, London, v.1, p.1315-1317, 1976.

CASPARY, W. F.; ELSENHANS, B.; SUFKE, U.; PLOK, M.; BLUME, R.; LEMBCKE, B.; CREUTZFELDT, W. Effect of dietary fiber on absorption and motility. IN: GREIDANUS, T. J. B. Van W. ed. **Frontiers of Hormone Research**, v.7, p.202-217, 1980.

CHEN, W.J.L.; ANDERSON, J.W.; JENNINGS, D. Propionate may mediate the hypocholesterolemic effects of certain soluble plant fibres in cholesterol-fed rats. **The Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine**, v.175, p.215, 1984.

CRAIG, W.J. Health-promoting propeties of common herbs. **American Journal Clinical Nutrition**, v.70(Suppl), p.491S-449S, 1999.

CRISPENS, Jr., C.H. **Handbook on the Laboratory mouse**. Springfield: Charles C. Thomas. 1975. p.114-121.

CUNNANE, S. C.; HAMADEH, M.J.; LIEDE, A. C.; THOMPSON, L. U.; WOLEVER, T. M.S.; JENKINS, D. J. A. Nutrition attributes of tradicional flaxseed in healthy young adults. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.61, p.62-68,1995

DAKOTAFLAXGOLD. **A Heintzman Farms**. Disponível em: <<http://www.dakotaflaxgold.com.br>> Acesso em 12 dez. 2000a.

DAKOTAFLAXGOLD. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.dakotaflaxgold.com.br>> Acesso em 12 dez. 2000b.

DANDONI, A. P. F. **As fibras alimentares no controle da resposta glicêmica do diabetes mellitus**. Curitiba, 1996. 34 f. Monografia (Especialização em Nutrição Clínica) – Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná.

DAVIES, I. R.; BROWN, J.C.; LIVESEY, G. Energy values and energy balance in rats fed on supplements of guar gum or cellulose. **British Journal of Nutrition**, n. 65, p.415-433, 1991.

DREHER, M.L. **Handbook of dietary fiber**. New York:Marcel Dekker, 1987.

DUNCAN, K. H.; BACON, J. A.; WEINSIER, R. L. The effects of high and low energy density diets on satiety, energy intake and eating time of obese and non obese subjects. **American Journal Clinical Nutrition**, v.37, p.763-767, 1983.

DURRANT, M.L.; ROYSTON, P. The effect of preloads of varying energy density and methyl cellulose on hunger, appetite and salivation. **Proceedings of the Yutrition Society**, v. 37, p.87, 1979.

DURRINGTON, P. N.; MANNING, A. P.; BOLTON, C.H.; HARTOG, M. Effect of pectin on serum lipids and lipoprotein, whole-gut, transit-time and stool weight. **The Lancet**, London, v.2, p.394, 1976.

EHRLEIN, H. J.; PROVE, J. Effect on viscosity of test meals on gastric emptying in dogs. **Q. J. Exp. Physiol.**, v.76, p.419-425, 1982.

EVANS, E.; MILLER, D.S. Bulking agents in the treatment of obesity. **Nutrition Metabolism**, v.18, p.199-203, 1975.

FRIAS, A. C. D. **Efeitos da goma guar (Cyamopsis tetragonoloba) sobre a ingestão de alimentos, lipidemia e glicemia em ratos normais e diabéticos.** Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 1996.

FRIAS, A. C. D.; SGARBIERI, V. C. **Guar gum effects on intake, blood serum lipids and glucose levels of Wistar rats.** Ciênc. Tecnol. Aliment. 18(2):241-245, University of Campinas and Institute of Food Technology, maio-jul.1998.

FRIEDEWALD, W. T.; LEVY, R. I.; FREDRICKSON, D. S. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of preparative ultracentrifuge. **Clín. Chem.**, New York, v. 18, p. 499-502, 1972.

FUENTES, J.A.G. Que alimentos convém ao coração? **Revista Higiene Alimentar.** São Paulo, v.12, n.53, p.7-11, 1998.

GALLAHER, D. e SCHNEEMAN, B. O. Effect of dietary fiber on protein digestibility and utilization. IN: SPILLER, G. A. **Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition.** Boca Raton: CRC Press, p. 143-164, 1986.

GANEP. A saúde do diabético na atualidade. disponível em: www.emagrecendo.com.br/noticias_tramel.asp?NOTI_CODIGO=10.03/07/00 Acesso em: 03 dez. 2000.

GIANNINI, D.S. **Arteriosclerose e Dislipidemias: Clínica e terapêutica.** São Paulo: BG Editora e Produções Culturais, 1998, 158p.

GORDON, T.; CASTELLI, W. P.; HJORTLAND, M. C.; KANNEL, W. B.; DAWBER, T. R. High density lipoprotein as a protective factor against coronary heart disease. **The American Journal of Medicine**, v.62, p.707-714, 1977.

GUIMARÃES, R. X.; GUERRA, C. C. C. **Clínica e Laboratório – Interpretação Clínica das Provas Laboratoriais.** 3ª ed. São Paulo: Sarvier, 1983.

HABER, G. B.; HEATON, K.W.; MURPHY, D.; BURROUGHS, L. F. Depletion and disruption of dietary fibre. Effects on satiety, plasma-glucose and serum-insulin. **Lancet**, v. 52, p. 679-682, 1977.

HALLFRISCH, J.; SCHOLFIELD, D. J.; BEHALL, K. M. Diets containing soluble oat extracts improve glucose and insulin responses of moderately hypercholesterolemic men and women. **American Journal Clinical Nutrition**, v.61, p.379-384, 1995.

HALPERN, A. A obesidade e a genética segundo o Dr. Alfredo Halpern. Disponível em: www.wmagrecendo.com.br/contexto_obesidadeegenetica.htm Acesso em: 28 nov 2000.

HAMBERG, O.; RUMESSEN, J. J.; GUDMAND-HOYER, E. Blood glucose response to pea fiber: comparisons with sugar beet fiber and wheat bran. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 50, n. 2, p. 324-328, 1989.

HARBER, G. B.; HEATON, K. W.; MURPHY, D.; BURROUGHS, L. F. Depletion and disruption of dietary fibre. Effects on satiety, plasma-glucose and serum-insulin. **Lancet**, v. 12, p.679-682, 1977.

HEATON, K. W. Food fiber as an obstacle to energy intake. **The Lancet**, v. 2, p.1418-1421, 1973.

HELLER, S. N.; HACKLER, L. R.; RIVERS, J. M. Dietary fiber: the effect of particle size of wheat bran on colonic function in young adult men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.33, p. 1734-1744, 1980.

HOAGLAND, P.D. Binding of dietary anions to vegetable fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.37, p. 1343-1347, 1989.

HOCKADAY, T. D. Fibre in management of diabetes 1. Natural fibre useful as part of total dietary prescription. **British Medical Journal**, v. 300, p.1334-1335, 1990.

HOLT, S.; HEADING, R. C.; CARTER, D. C. Effect of gel fiber on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. **Lancet**, v.1, p.636-639, 1979.

HUGHES, J.S. Potential contribution of dry bean dietary fiber to health. **Food Technology**, Chicago, v. 9, p. 122-126, 1991.

HYLANDER, B. ROSSNER, S. Effects of dietary fiber intake before meals on weight loss and hunger in a weight-reducing club. **Acta Medical Scand**, v.213, p.217-220, 1983.

ILLMAN, R.J.; TOPPING, D.L.; DOWLING, K.; TRIMBLE, R.P.; RUSSEL, G.R.; STORER, G. B. Effects of solvent extraction on the hypocholesterolaemic effect of oat bran in the rat. **British Journal of Nutrition**, v.65, p. 435-443, 1991.

INK, S. I.; HURT, D. Nutrition implications of gums. **Food Technology**, Chicago, v. 41, n.1, p. 77-82, 1987.

JAMES, M.J.; GIBSON, R.A.; CLELAND, L.G. Dietary polyunsaturated fatty acids and inflammatory mediator production. **American Journal of Clinical Nutrition**, January; 71: 343S-8S, 2000.

JENKINS, D.J.; NEWTON, C.; LEEDS, A.R.; CUMMINGS, J.M. Effect of pectin, guar gum and bread fibre on serum cholesterol. **The Lancet**, London, v.2, p.172-174, 1975.

JENKINS, D.J.; GOFF, D.V.; LEEDS, A.R.; ALBERTI, K.G.; WOLEVER, T.M.; GASSULL, M.A.; HOCKADAY, T.D. Unabsorbable carbohydrates and diabetes: decreased post-prandial hyperglycaemia. **The Lancet**, London, v.2, p.172-174, 1976.

JENKINS, D. J.; WOLEVER, T. M. S.; LEEDS, A. R.; GASSULL, M. A.; HAISMAN, P.; DILAWARI, J.; GOFF, D. V.; METZ, G. L.; ALBERTI, K. G. Dietary fibres, fibre analogues and glucose tolerance: importance of viscosity. **British Medical Journal**, v. 1, p.1392-1394, 1978.

JENKINS, D. J.; WOLEVER, T. M. S. Slow release carbohydrate and the treatment of diabetes. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v.40, p.227-235, 1981.

JOHNSON, I.T.; GEE, J.M. Effect of gel-forming gums on the intestinal unstirred layer and sugar transport in vitro. **Gut**, v.22, p.398-403, 1981.

JOHNSON, I.T.; GEE, J.M.; BROWN, J.C. Plasma enteroglucagon and small bowel cytokinetics in rats fed soluble non-starch polysaccharides. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.47, p.1004-1007, 1988.

JUDD, P. A.; TRUSWELL, A. S. Comparison of the effects of high-and low-methoxyl pectins on blood and faecal lipids in man. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 48, p. 451-458, 1982.

JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Juran Controle de Qualidade**. 4 ed. São Paulo: Makron, v. 6, 1993.

KIRBY, R.W.; ANDERSON, J.W.; SIELING, B.; REES, E.D.; CHEN, W.L.; MILLER, R.E.; KAY, R.M. Oat bran intake selectively lowers serum low-density lipoprotein cholesterol concentrations of hypercholesterolemic men. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 34, p. 824-829, 1981.

KOŁODZIEJCZYK, P. P.; FEDEC, P. Processing flaxseed of human consumption. In: CUNNANE, S. C. **Flaxseed in human nutrition**. AOCS Press, Champaign, IL, 1995.

KOO, S. I.; STANTON, P. Effects of cellulose, pectin and guar gum on the distribution of serum cholesterol among lipoprotein fractions. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 24, n. 2, p. 395-401, 1981.

KRITCHEVSKY, D. Fiber effects on hyperlipidemia. IN: CUNNANE, S. C. **Flaxseed in human nutrition**. AOCS Press, Champaign, IL, 1995.

KRITCHEVSKY, D.; TEPPER, S. A.; SATCHITHANANDAM, S.; CASSIDY, M. M.; VAHOUNY, G. Dietary supplements: effects on serum and liver lipids phospholipids composition in rats. **Lipids**, v. 23, p. 318, 1988.

KROTKIEWSKI, M. Effect of guar gum on body-weight hunger ratings and metabolism in obese subjects. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 52, n. 1, p. 97-105, 1984.

KROTKIEWSKI, M.; SMITH, U. Dietary fiber in obesity. IN: LEEDS, A.; AVENEL, A. (eds). Dietary fibre perspectives – reviews and bibliography, v.1. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.52, n.1, p.97-105, 1985.

LAJOLO, F. M.; SAURA-CALIXTO, F.; PENNA, E. W.; MENEZES, E. W. **Fibra dietética em IberoAmérica: Tecnologia y Salud – Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos**. São Paulo: Libreria Varela, 2001.

LAYNE, K. S. et al. Normal subjects consuming physiological levels of 18:3(n-3) and 20:5(n-3) from flaxseed or fish oils have characteristic differences in plasma lipid and lipoprotein fatty acid levels. **Journal Nutrition**; v. 126, p. 2130-2140, 1996.

LOTTEMBERG, A. M. P. **Dieta na Hipercolesterolemia: colesterol e aterosclerose**, v. 10, p. 178-189, 1992.

LUPTON, J.R.; CODER, D.M.; JACOBS, L.R. Long-term effects of fermentable fibers on rat colonic pH and epithelial cell cycle. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 118, p. 840-842, 1988.

MACEDO, P.G. Linhaça – Marrom ou dourada? **Nutrição – Saúde & Performance**, v. 17, ano 4, p. 5-6, 2002.

MADAR, A. e THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, v. 11, p. 153-174, 1987.

MAHAN, L. K. **Krause: Food, nutrition & diet therapy**. 10. ed. EUA: W. B. Saunders Company, 2000.

MANDEL, E. D. The diabete diet: A model for Americans. **New Jersey Medicine**, v. 91, n. 4, p. 246-249, 1994.

MAZZA, G. Alimentos funcionales – **Aspectos bioquímicos y de processado**. Espanha: Editorial Acribia, 1998, 457p.

MAZUR, A.; REMESY, C.; GUEUX, E.; LEVRAT, M. A.; DEMIGNÉ, C. Effects of diets rich in fermentable carbohydrates on plasma lipoprotein levels and on lipoprotein catabolism in rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 120, p. 1037-1039, 1990.

MELBY, E.C.; ALTAMAN, N.H. Clinical pathology: blood chemistry. IN: **Handbook of Laboratory Animal Science**. 2 ed. Boca Raton: CRC Press, Inc., 1977. v.II, p. 347-436.

MEYER, J.H.; GU, Y.G.; JEHN, D.; TAYLOR, I.L. Intragastric vs intraluminal viscous polymers and glucose tolerance after liquid meals of glucose. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 48, n. 2, p. 260-266, 1988.

MICKELSEN, O.; MAKDANI, D.D.; COTTON, R.H.; TITCOMB, S. T.; COLMEY, J.C.; GATTY, R. Effects of a hight fiber on weight loss in college-age males. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 32, p. 703-1709, 1979.

MILLER, G. J.; MILLER, N. E. Plasma high density lipoprotein concentration and development of ischaemic heart disease. **The Lancet**, London, v. 1, p. 16-19, 1975.

MONGEAU, R.; SARWAR, G.; PEACE, R. W.; BRASSARD, R. Relationship between dietary fiber levels and protein digestibility in selected foods as determined rats. **Plant Foods Human Nutrition**, v. 39, p. 45-51, 1989.

MONTE, O. Orientação dietética para a criança com diabetes melito insulino-dependente. In: WOISK, J. L. R. **Nutrição e Dietética em Pediatria**. Rio de Janeiro: Editora Atheneu, 1998, p. 173-196.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. **Underexploited tropical plants with promising economic value**. Washington: National Academy Press, p.145-149, 1975.

NESTLÉ. Tópicos em Nutrição Clínica. Fibras em Nutrição Enteral. **Nestlé Nutrition Services**, 2000.

NISHINA, P.M.; SCHNEEMAN, B. O.; FREEDLAND, R. A. Effects of dietary fibers on nonfasting plasma lipoprotein and apolipoprotein levels in rats. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.121, p. 431-437, 1991.

NUTHALL, F. Q. Dietary Fiber in the Management of Diabetes. **The Journal of Nutrition**, v. 42, n. 4, p. 503-508, 1995.

O'DEA, K. Westernization and non-insulin-dependent diabetes in Australian Aborigenes. **Ethnicity and Disease**, Atlanta GA, v. 1,n. 2, p. 171-187, 1991.

ODA, T.; AOE, S.; SANADA, H.; AYANO, Y. Effects of soluble and insoluble fiber preparations isolated from oat, barley and wheat on liver cholesterol accumulation in cholesterol – fed rats. **J. Nutr. Sci. Vitaminol.**, Tokyo, v. 39, n. 1, p. 73-79, 1993.

OLREE, K. et al. Enteral formulations. IN: **The ASPEN Nutrition Support Practice Manual**. ASPEN, Silver Spring (MD), 1998, pp 4-1 to 4-9.

PATTANAIK, U.; PRASAD, K. Oxigen free radicals and endotoxic shock: effect of flaxssed. **J. Card. Pharmacol**, October; v. 3; n. 4, p. 305-318. 1998

PIMENTEL, T; GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 10 ed., São Paulo:Nobel, 1982.430p.

PRASAD, K. Reduction of serum cholesterol and hypercholesterolemic atherosclerosis in rabbits by secoisolariciresinol diglucoside isolated from flaxseed. **Circulation**, March, v. 16, n. 99, p. 1355-62. 1999.

RAY, T. K.; MANSELL, K. M.; KNIGHT, L. C. MALMUD, L. S.; OWEN, O. E.; BODEN, G. Long-term effects of dietary fiber on glucose tolerance and gastric emptying in noninsulin-dependent diabetes patients. **American Journal Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 37, n. 3, p. 376-381, 1983.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F.H.; FAHEY, G.C. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the American Institute of Nutrition ad hoc. Writing Committee on the reformulation of the AIN – 76 rodent diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 123, n. 2, p. 1939-51, Feb. 1993.

ROBERFROID, M. B.; DELZENNE, N. M.:Dietary fructans. **Annu Rev Nutr**, v. 18, n. 21, p. 117-43. 1998.

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin and oligofructose: a review comparing their physiological effects. **Crit. Rev. Food Sci Nutr**, v. 33, p.103-48. 1993.

ROEDIGER, W.E.W. Role of anaerobic bacteria in the metabolism welfare of the colonic mucosa in man. **Gut**, v.21, p.793-795, 1980.

ROSSNER, S. **Dietary fibre in the prevention and treatment of obesity**. IN: SCHWEIZER, T.F.; EDWARDS, C. A. Dietary fibre: a component of food. London: Springer-Verlag, 1992.

RYTTIG, K. R. Clinical effects of dietary fibre supplements in overweight and in hypertension. Thesis. Karolinska Intitute, Stolckholm. In: Schweizer, T. F. and Edwards, C. A. (eds). **Dietary fibre – a component of food**. Springer-Verlag. London, p. 265-275, 1990.

SACHER, R. A.; McPHERSON, R. A. **Interpretação Clínica dos Exames Laboratoriais**. 11ª ed. São Paulo: Manole, 2000.

SALYERS, A.A.; WEST, S.E.H.; VERCELLOTTI, J.R.; WILKINS, T.D. Fermentation of mucin and plant polysaccharides by strains of bacteroides from the human colon. **Applied Enviromental Microbiology**, v.34, n. 5, p. 529-33, 1977.

SANTOS, R. D.; FONSECA, F.; SCARTEZINI, M.; PICHETH, G., SANTOS, J. E.; MARTINEZ, T. L. R.; MORIGICHI, E. III Diretrizes brasileiras sobre dislipidemias e diretriz de prevenção da ateroscleorse do Departamento de Aterosclerose da Sociedade Brasileira de Cardiologia. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 77, n. Supl, p.48,2001.

SARATHY, R.; SARASWATHI, G. Effect of tender cluster bean pods (Cyamopsis tetragonoloba) on cholesterol levels in rats. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 38, n. 2, p. 295-299, 1983.

SCHEPPACH, W.; WIGGINS, H. S.; HALLIDAY, D.; SELF, R.; HOWARD, J.; BRANCH, W. J.; SCHREZENMEIER, J.; CUUMINGS, J.H. Effect of gut-derived acetate on glucose turnover in man. **Clinical Science**, v. 75, p. 363, 1988.

SCHNEEMAN, B. O.; GALLAHER, D. Effects of dietary fiber on digestive enzymes. In: SPILLER, G. A. ed. **Handbook of Dietary Fiber in Human Nutrition**. Boca Raton: CRC Press, 1986, p.305-312.

SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos protéicos**. Editora Varela: São Paulo, 1996. 517p.

SLAVIN, J. Dietary fiber: classification, chemical analyses and food sources. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v.87, p.1164-1171, 1987.

SHEARER, R.S. The effects of bulk-producing tablets on hunger intensity in dieting patients. **Current Therapy Res. Clin. Exp.**, v. 19, p. 433-444, 1976.

SHINNICK, F.L.; MATHEWS, R.; INK, S. Serum cholesterol reduction by oats and others fiber sources. **Cereal Foods World**, Saint Paul, v. 36, p. 815-821, 1991.

SIMOPOULOS, A. P. Essencial fatty acids in health and chronic disease. **American Journal of Clinic Nutrition**, v.70, p. 560S-569S, 1999.

SIMPÓSIO FLAX GOLD. **Uma terapêutica natural para o diabetes**. XII Congresso Brasileiro de Diabetes, 1999, Aracajú- SE.

SMITH, S. J.; COOPER, G.R.; MYERS, G.L.; SAMPSON, E. J. Biological Variability in Concentrations of Serum Lipids: Sources of Variation among Results from Published Studies and Composite Predicted Values. **Clin. Chem.**, v. 39, p. 1012-1022, 1993.

SOARES, R. M. D. et al. **Fibras alimentares: histórico, classificação e efeitos fisiológicos**. **Simpósio Sul-Brasileiro de alimentação e nutrição. História , ciência e arte**. Abril, 2000.

SPILLER, G.A.; SHIPLEY, E.A.; BLAKE, J.A. Recent progress in dietary fiber in human nutrition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 10, n. 1, p. 31-90, 1978.

STARK, A.; MADAR, Z.: Dietary fiber. IN: **Functional foods**. Goldberg, I. (Ed). Chapman and Hall. New York, 1994, p.183-201.

STEIN, E. A.; MYERS, G.L. NATIONAL CHOLESTEROL EDUCATION PROGRAM RECOMMENDATIONS for Measurement Triglyceride: Executive Summary. **Clin Chem**, v. 41, p. 1421-1426, 1995.

STORY, J.A.; KRITCHEVSKY, D. Comparison of the binding of various bile acids and bile salts in vitro by several types of fiber. **Journal of Nutrition**, v. 106, p. 1292-1294, 1976.

TATTERSALL, R.; MANSELL, P. Fibre in management of diabetes 2. Benefits of fibre itself are uncertain. **British Medical Journal**, v. 300, p. 1336-1337, 1990.

TOMOMATSU, H. Health effects of oligosaccharides. **Food Technology**, v. 48, p. 61-64, 1994.

TOPPING, D.L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, v.49, p.195-203, 1991.

TORSDOTTIR, I.; ALPSTEN, M.; ANDERSSON, H.; EINARSSON, S. Dietary guar gum effects on postprandial blood glucose, insulin and hydroxyproline in humans. **Journal of Nutrition**, v.119, p.1925-1931, 1989.

TINKER, L. F.; HEINS, J. M.; HOLLER, H. J. Commentary and translation: 1994 nutrition recommendations for diabetes. **Journal American Dietetic Association**, v. 94, p. 507-511, 1994.

TROWELL, H. Dietary fibre, ischaemic heart disease and diabetes mellitus. **The Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 32, p.151-157, 1973.

TROWELL, H.; SOUTHGATE, D.A.; WOLEVER, T.M.S.; LEEDS, A.R.; GASSUL, M.A.; JENKINS, D.J.A. Dietary fibre redefined. **The Lancet**, London, v. 1, p. 967, 1976.

TRUSWELL, A. S.; BEYNEN, A. C. Dietary fibre and plasma lipids: potential for prevention and treatment of hyperlipidaemias. IN: SCHWEIZER, T. F.; EDWARDS, C. A. **Dietary fibre: a component food**. London: Springer-Verlag, 1992.

TURNBULL, W.H.; LEEDS, A. R. Reduction of total and LDL-cholesterol in plasma by rolled oats. **Journal of Clinical Nutrition and Gastroenterology**, v. 2, p. 177-180, 1987.

TURNER, P. R.; TUOMILEHTO, J.; HAPPONEN, P. LAVILLE, A. E.; SHAIKH, M.; LEWIS, B. Metabolic studies on the hypolipidaemic effect of guar gum. **Atherosclerosis**, v. 81, n. 2, p. 145-150, 1990.

UBEROL, S. K.; VADHERA, S. SONI, G. L. Role of dietary fibre from pulses and cereals as hypocholesterolemic and hypolipidemic agent. **Journal of Food Science and Technology**, London, v. 29, n. 5, p. 281-283, 1992.

VAHOUNY, G.V.; ROY, T.; GALLO, L. L.; STORY, J.A.; KRITCHEVSKY, D.; CASSIDY, M.; GRUND, B. M.; TREADWELL, C. R. Dietary fiber and lymphatic absorption of cholesterol in rat. **American Journal of Clinical Nutrition**, n. 31, p. 208s-210s, 1978.

WALKER, K. Z.; O'DEA, K.; NICHOLSON, G. C.; MUIR, J. G. Dietary composition, body weight and NIDDM. **Diabetes Care**, v. 18, n. 3, p.401-403, 1995.

WOLFENSOHN, S.; LLOYDS, M. **Handbook of Laboratory Animal Management and Welfare**. New York: Oxford University Press., p.114-133, 1995.

WURSCH, P.; PI-SUNYER, F. X. The role of viscous soluble fiber in the metabolic control of diabetes. **Diabetes Care**, v. 20, p. 1774-80. 1997.

YUAN, Z. HE, P.; CUI, J.; TAKEUCHI, H. Hypoglycemic effect of water-soluble polysaccharide from *Auricularia auricular-judae quel* on genetically diabetic KK-Ay mice. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, v. 62, p. 1898-1903, 1998.